

BUKU AJAR
REPRODUKSI PERKEMBANGAN HEWAN

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	2
DAFTAR GAMBAR.....	4
DAFTAR TABEL	Error! Bookmark not defined.
PRAKATA.....	7
BAB I SEKILAS REPRODUKSI DAN EMBRIOLOGI	9
BAB 2. SISTEM REPRODUKSI JANTAN	15
A. Testes	16
B. Epididimis	18
C. Duktus deferens	19
D. Urethra.....	19
E. Kelenjar-kelenjar asesoris	19
F. Semen	21
G. Duktus Ejakulatorius	21
H. Skrotum	22
I. Penis	22
BAB 3. SISTEM REPRODUKSI BETINA.....	24
A. Ovarium.....	24
B. Tuba falopii.....	26
C. Uterus	29
D. Cervix.....	34
E. Vagina	35
F. Genitalia externa.....	36
G. Kelenjar mame.....	37
BAB 4. GAMETOGENESIS.....	40
A. Spermatogenesis	40
B. Pengendalian Spermatogenesis.....	44
C. Oogenesis.....	46
D. Pengendalian oogenesis.....	49
BAB 5. FERTILISASI	51
A. Macam Fertilisasi	51
B. Fungsi Fertilisasi.....	54
C. Tempat Fertilisasi	54
D. Tahapan Fertilisasi.....	55
BAB 6. IMPLANTASI DAN PLASENTA.....	63
A. Pengertian implantasi.....	63
B. Macam implantasi.....	66
C. Tipe implantasi	67
C. Placenta	68
D. Pembentukan plasenta.....	69

E. Selaput ekstra embrionik	70
E. Jenis-jenis plasenta.....	75
F. Sirkulasi placenta.....	79
G. Funikulus Umbilikalisis.....	82
BAB 7. CLEAVAGE	85
A. Pengantar	85
B. Polaritas sel telur	88
C. Bidang pembelahan	88
D. Pola pembelahan.....	89
E. Bagian-bagian telur dan Tipe telur	90
BAB 8. BLASTULASI	97
A. Pengantar blastula.....	97
B. Macam blastula	Error! Bookmark not defined.
C. Blastula pada berbagai jenis hewan.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
BIOGRAFI PENULIS.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Siklus Reproduksi hewan	10
Gambar 2. Anatomi reproduksi jantan.....	17
Gambar 3. Testis dan bagian-bagiannya.....	17
Gambar 4. Epididimis dan sel-sel penyusunnya	18
Gambar 5. Organ reproduksi jantan dan kelenjar asesories.....	21
Gambar 6. organ genitalia betina (A) Interna, (B) Eksterna	24
Gambar 7. Ovarium dan bagian-bagiannya.....	26
Gambar 8. bagian-bagian oviduct beserta fimbriae.....	28
Gambar 9. Uterus dan bagian-bagiannya	32
Gambar 10. Tipe-tipe uterus	33
Gambar 11. Perbandingan uterus kangguru, tikus dan manusia	33
Gambar 12. Jumlah kromosom sel-sel gamet saat spermatogenesis	42
Gambar 13. Bagian-bagian spermatozoa	43
Gambar 14. Pengendalian spermatogenesis.....	46
Gambar 15. Proses pembentukan sel telur (oogenesis).....	48
Gambar 16. Pengendalian hormonal oogenesis	50
Gambar 17. Fertilisasi eksternal pada ikan.....	52
Gambar 18. Kapasitas spermatozoa sebelum melakukan fertilisasi	56
Gambar 19. Tahapan fertilisasi antara spermatozoa dan sel telur	58
Gambar 20. Reaksi pengikatan pada saat terjadi fertilisasi dan setelah nya	59
Gambar 21. Mekanisme pengikatan spermatozoa dengan membran sel telur....	60
Gambar 22. Pencegahan polispermi.....	62
Gambar 23. Perubahan morfologi selama “hatching”	64
Gambar 24. Pembentukan kantung yolk.....	71
Gambar 25. Selaput ekstraembrionik pada ayam	72
Gambar 26. Selaput ekstraembrionik pada mamalia.	73
Gambar 27. Tipe plasenta berdasarkan tebal tipisnya barier (Montiel et all, 2013)	78
Gambar 28. Sirkulasi darah antara fetus dengan induk melalui plasenta.....	81
Gambar 29. Diagram skematis sirkulasi darah fetus	82

Gambar 30. Jeli Wharton menentukan tebal tipisnya funikulus umbilikal.	84
Gambar 31. Fertilisasi dan pembelahan zigot	85
Gambar 32. Pembelahan zigot menjadi morula	87
Gambar 33. Bidang pembelahan.....	89
Gambar 34. Tipe telur berdasarkan penyebaran yolk.....	93
Gambar 35. Proses pembentukan blastula.....	98
Gambar 36. Masuknya sel-sel mikromer dalam blastosol (Carlson, 1985)	100
Gambar 37. Ingresi mesenkim primer pada asterias.	100
Gambar 38. Blastula pada amphioxus (Huettner, 1957)	101
Gambar 39. Blastulasi pada amfibia. Sumber Johnson (2006).....	102
Gambar 40. Blastulasi pada kelompok aves (Johnson, 2006).....	103
Gambar 41. Blastulasi pada mamalia	104

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbedaan organ reproduksi jantan pada beberapa spesies hewan	15
Tabel 2. Tipe-tipe plasenta dan keadaan jaringan penyusun barier plasenta.	78
Tabel 3. Berbagai contoh hewan dengan berbagai tipe pembelahan dan posisi yolk.....	96

PRAKATA

Segala puji syukur penulis panjatkan Ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa karena dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Buku Ajar Reproduksi Perkembangan Hewan dengan lancar dan baik. Buku ini disusun guna menyokong kegiatan perkuliahan Reproduksi Perkembangan Hewan.

Hingga saat ini, tidak banyak buku-buku mengenai reproduksi dan perkembangan hewan yang tersedia dan menjadi pegangan baik untuk mahasiswa maupun dosen pengampunya. Sehubungan dengan hal tersebut, penulis berinisiatif untuk membuat naskah buku reproduksi dan perkembangan hewan untuk mengisi kekosongan tersebut.

Buku ajar reproduksi perkembangan hewan ini pada mulanya dikembangkan dari diktat bahan ajar yang telah dibuat oleh penulis. Pada akhirnya bersamaan dengan momen ulang tahun emas yang ke 50 Universitas Atma Jaya Yogyakarta, buku ini ditulis dalam bentuk buku ajar dan sebagai perwujudan terima kasih kepada almamater.

Dalam penyusunan buku ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen-dosen senior yang telah banyak memberikan ilmu mengenai reproduksi dan embriologi yaitu:

1. Dra. Yuniarti Aida, MS. Yang telah banyak memberikan pengetahuannya mengenai ilmu reproduksi dan embriologi semasa kuliah S1 di Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta
2. Prof. Dr. Mamed Sagi, sebagai dosen senior di bidang Embriologi dan yang telah mengajar Embriologi selama kuliah S2 di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
3. Dra. Sudiastuti, SU dan Dr. Sudrajat, SU selaku rekan sejawat di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Samarinda yang telah banyak memberikan masukan dalam penyelesaian buku ini.
4. Kepada seluruh civitas akademik di Fakultas Teknobiologi universitas Atma Jaya Yogyakarta
5. Kepada seluruh civitas Program Studi Biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Samarinda
6. Kepada Firman M Nur yang telah membantu dalam proses editing awal dan format cover.

Penulis berharap buku ajar ini dapat berguna bagi semua pihak yang membutuhkan. Penulis menyadari bahwa dalam menyusun buku ajar ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang

membangun dari berbagai pihak penulis harapkan guna kesempurnaan penyusunan buku ajar di masa mendatang. Akhirnya penulis ucapkan terima kasih dan mohon maaf atas segala kekurangannya.

Yogyakarta, Mei 2015

Penulis

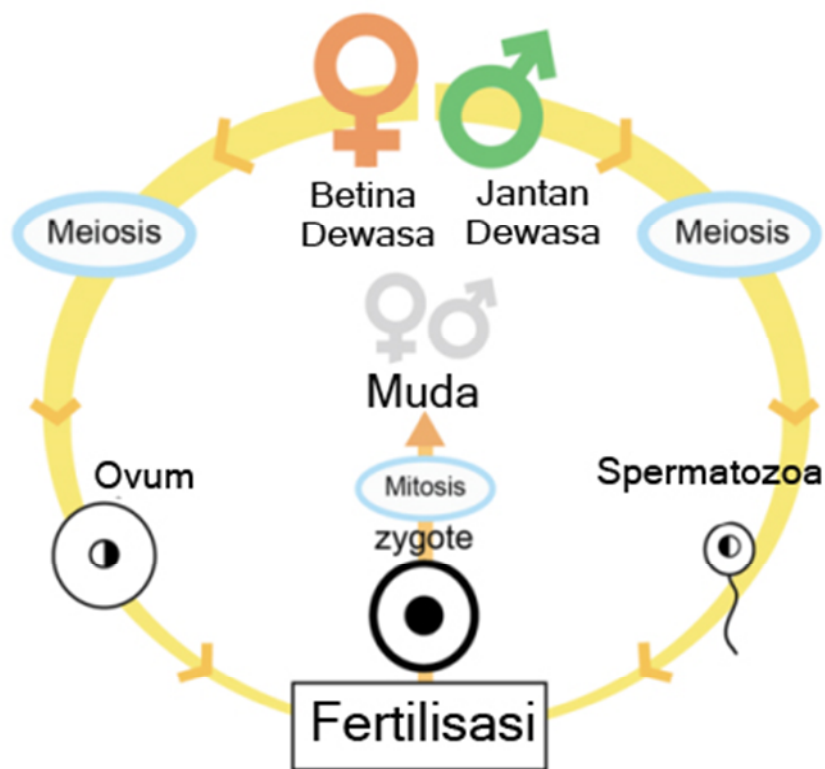
BAB I SEKILAS REPRODUKSI DAN EMBRIOLOGI

Salah satu ciri makhluk hidup adalah berkembang biak atau melakukan reproduksi. Reproduksi melibatkan suatu sistem dalam tubuh, yaitu sistem reproduksi, termasuk organ-organ reproduksi. Organ-organ reproduksi seperti ovarium, tuba fallopii, uterus pada betina dan testis sebagai organ utama reproduksi pada jantan dibutuhkan untuk menunjang tujuan dari reproduksi. Meskipun organ-organ reproduksi bukan merupakan organ vital (Sebagai contoh, jika organ reproduksi seperti testes atau ovarium diambil, hewan tersebut masih dapat bertahan hidup), namun sekali lagi bahwa keberadaan organ reproduksi penting untuk mempertahankan eksistensi dari hewan tersebut.

Tujuan utama makhluk hidup bereproduksi yaitu untuk mempertahankan eksistensi dan melestarikan jenisnya agar tidak mengalami kepunahan. Apabila reproduksi tidak terjadi dan berlangsung secara terus menerus, maka lambat laun makhluk hidup tersebut akan menjadi langka dan akhirnya punah. Untuk itu reproduksi menjadi bagian penting dari kelangsung kehidupan makhluk hidup agar tetap terjaga keberadaannya.

Pada masa tertentu, umumnya makhluk hidup akan menampilkan suatu tanda-tanda birahi atau hasrat untuk melakukan perkawinan. Ini menandakan bahwa baik jantan maupun betina telah siap untuk melakukan reproduksi. Ada dua cara reproduksi secara umum yaitu vegetatif dan generatif. Reproduksi secara vegetatif umumnya terjadi pada tumbuhan dan hewan tingkat rendah. Sedangkan reproduksi secara generatif umumnya terjadi pada hewan dan tumbuhan tingkat tinggi. Perkembangbiakan secara generatif melibatkan individu jantan dan individu betina.

Pada hewan, meskipun ditemukan variasi dalam struktur sistem reproduksinya, namun pada dasarnya antara individu jantan dan betina mempunyai struktur pola dasar sistem reproduksi yang sama. Individu jantan akan menghasilkan sel kelamin jantan atau spermatozoa, sedangkan individu betina akan menghasilkan sel kelamin betina atau sel telur (ovum). Sel spermatozoa dan ovum dibentuk di dalam alat kelamin (gonad).



Gambar 1. Siklus Reproduksi hewan

Secara umum, untuk dapat memunculkan makhluk hidup baru yang berasal dari induknya, ada dua tahapan penting yang harus ada dalam proses pembentukan individu baru yaitu fase reproduksi dan fase pertumbuhan embrio hingga kelahiran. Keseluruhan fase tersebut dinamakan embriogenesis. Fase reproduksi hanya dapat berlangsung

setelah individu mengalami masa kematangan organ reproduksi dan sangat berkaitan dengan kelenjar-kelenjar reproduksi, dalam hal ini adalah hormon-hormon reproduksi. Di dalam fase reproduksi, dikenal beberapa tahapan yaitu:

1. Gametogenesis, pembentukan sel-sel gamet
2. Pematangan sel-sel gamet
3. Fusi atau peleburan sel-sel gamet dari induk jantan dan induk betina.

Dalam tahapan normal setelah terjadi pembuahan/fusi maka akan fase akan beralih ke embriogenesis yaitu terbentuk morula, kemudian morula akan tumbuh menjadi blastula (blastocyst). Di dalam embriogenesis ini juga dapat dibedakan menjadi dua tahap, yaitu:

1. Pertumbuhan dan diferensiasi, termasuk di dalamnya dijumpai tahap morula, blastula, gastrula
2. Tahap berikutnya dalam embriogenesis adalah organogenesis, yaitu pembentukan organ-organ definitif sehingga menjadi individu sederhana yang terus tumbuh dan berkembang hingga masa partus (Kelahiran).

Dalam tahap blastulasi (proses pembentukan blastula), ditemukan perbedaan pada tingkatan takson hewan. Sebagai contoh blastulasi pada amphioxus, katak, ayam dan babi memiliki tahap pembentukan alat yang berbeda-beda dari tiap daerah bakalnyanya sendiri-sendiri. Pada bangsa aves (burung) epiblast, akan menjadi bakal ektoderm, mesoderm dan notochord. Bakal endoderm berasal dari hypoblast yang sel-selnya tumbuh dan menyebar ke bawah, ke daerah rongga blastosol. Bakal ektoderm epidermis mengisi daerah yang bakal jadi anterior embrio lapisan epiblast. Bakal ektoderm berupa sabit terletak di posterior lapisan epiblast. Bakal notochord dan prechorda di posterior ektoderm saraf sedang bakal mesoderm di paling posterior lapisan epiblast. Pre-chorda berupa lempeng terletak tepat di bakal jadi poros embrio. Proses blastulasi akan diiringi

oleh suatu proses berikutnya yaitu gastrulasi. Pada tingkat gastrula ini akan terjadi proses dinamisasi daerah-daerah bakal pembentuk alat pada blastula, diatur dan dideretkan sesuai bentuk dan susunan tubuh spesies yang bersangkutan.

Melewati masa gastrulasi, perkembangan hewan embrio menuju ke arah organogenesis. Pada tahap embriogenesis mulai terbentuk organ-organ primitif (bud) dan pada akhirnya menuju organ definitif. Organogenesis sendiri didefinisikan sebagai serangkaian proses pembentukan organ-organ definitif yang berasal dari lapis benih yaitu ektoderm, mesoderm dan endoderm.

Lapis-lapis benih tersebut akan berdiferensiasi menjadi turunan-turunannya seperti, lapisan ektoderm akan menghasilkan jantung, menumbuhkan sistem saraf, kulit, rambut serta alat indera. Sementara itu mesoderm akan menjadi bagian dari jaringan otot, jaringan tulang, alat perkembangbiakan termasuk testis dan ovarium, alat ekskresi dan peredaran darah. Lapisan Endoderm akan menumbuhkan saluran pencernaan, kelenjar pencernaan, alat pernapasan seperti paru-paru.

Dalam organogenesis pun terjadi induksi dari masing-masing lapisan benih, sebagai contoh: lapisan mesoderm dengan lapisan ektoderm akan mempengaruhi pembentukan kelopak mata. Notochord akan menginduksi ektoderm untuk membentuk bumbung neural. Hal tersebut merupakan contoh dari adanya proses induksi di dalam lapis-lapis benih tersebut.

Setelah melewati tahapan organogenesis dan sudah cukup waktu, maka hasil konsepsi di dalam uterus harus segera dikeluarkan. Proses tersebut dinamakan partus. Dengan kata lain, partus adalah proses pengeluaran hasil konsepsi yang masih hidup dari dalam uterus melalui vagina menuju keluar organ reproduksi.

Dalam proses partus normal ada beberapa tahapan atau lebih dikenal dengan istilah kala. Partus normal dibedakan menjadi 4 kala, masing-masing kala terdapat ciri dan tanda tersendiri. Jika partus secara normal ini tidak memungkinkan maka alternatif yang ditempuh diantaranya adalah melalui persalinan buatan atau dikenal dengan seksio sesarea.

Dalam persalinan normal maupun persalinan melalui seksio sesarea, bayi yang dihasilkan dapat tunggal atau lebih dari satu atau disebut kembar. Peristiwa bayi kembar dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu kembar identik (monozigotik) dan kembar fraternal (Dizigotik). Kembar identik terjadi karena zigot yang terbentuk dari proses fertilisasi, membelah menjadi embrio yang berbeda. Kembar identik selalu mempunyai jenis kelamin yang sama dan secara genetik identik, namun sidik jari tetap berbeda. Sementara itu kembar fraternal, berasal dari dua sel telur yang dibuahi oleh masing-masing spermatozoa secara terpisah. Dua telur tersebut kemudian berkembang menjadi masing-masing zigot dan akhirnya tumbuh menjadi bayi. Kembar fraternal jenis kelaminnya bisa sama namun juga dapat berbeda. Kembar fraternal ini morfologinya tidak begitu banyak kemiripan.

Dalam proses embriogenesis kejadian kembar, sering kali dijumpai adanya kelainan-kelainan. Kelainan-kelainan tersebut dapat diakibatkan oleh kegagalan memisah calon bayi kembar secara sempurna dan juga karena faktor kekurangan nutrisi bagi salah satu janin yang berkembang di dalam rahim. Kekurangan nutrisi salah satu calon bayi tersebut mengakibatkan salah satu bayi tumbuh tidak sempurna dan ketika dilahirkan akan di dapat kembar siam.

Selain kejadian kembar siam, kelahiran bayi yang tidak sempurna atau cacat sering juga dialami. Kejadian cacat dapat disebabkan oleh teratogen, yaitu senyawa/bahan/zat/makhluk hidup yang menyebabkan

kelahiran cacat atau tidak normal. Senyawa/zat/bahan dan makhluk hidup tersebut dinamakan sebagai teratogen. Sedangkan ilmu yang mempelajari tentang kelahiran cacat dinamakan teratogenesis.

BAB 2. SISTEM REPRODUKSI JANTAN

Fungsi utama dari sistem reproduksi jantan adalah menghasilkan sel-sel gamet jantan (Spermatozoa) yang mempunyai sifat motilitas, gerak progresif, aktif dan potensial untuk melakukan fertilisasi. Sistem reproduksi jantan berkaitan erat dengan sistem urinari, sebagai contoh urethra yang menjadi bagian penting pula di sistem urinari.

Pada hewan jantan, organ-organ reproduksi mempunyai pola dasar yang sama. Organ reproduksi jantan dapat dibedakan menjadi organ reproduksi internal dan eksternal. Namun secara umum organ-organ reproduksi jantan terdiri atas testes, saluran pengeluaran yaitu epididimis, duktus deferens, urethra, kelenjar-kelenjar asesoris (Vesikula seminalis, prostat, dan kelenjar Cowper), duktus ejakulatorius, dan organ kopulasi (Penis).

Meskipun mempunyai pola dasar yang sama pada tiap spesies hewan, Namun, beberapa perbedaan orientasi dan kehadiran organ-organ reproduksi nampak pada beberapa hewan. Sebagai contoh, Kedudukan testis pada spesies hewan berbeda-beda. Demikian pula tipe penis dan deposisi semennya.

Tabel 1. Perbedaan organ reproduksi jantan pada beberapa spesies hewan

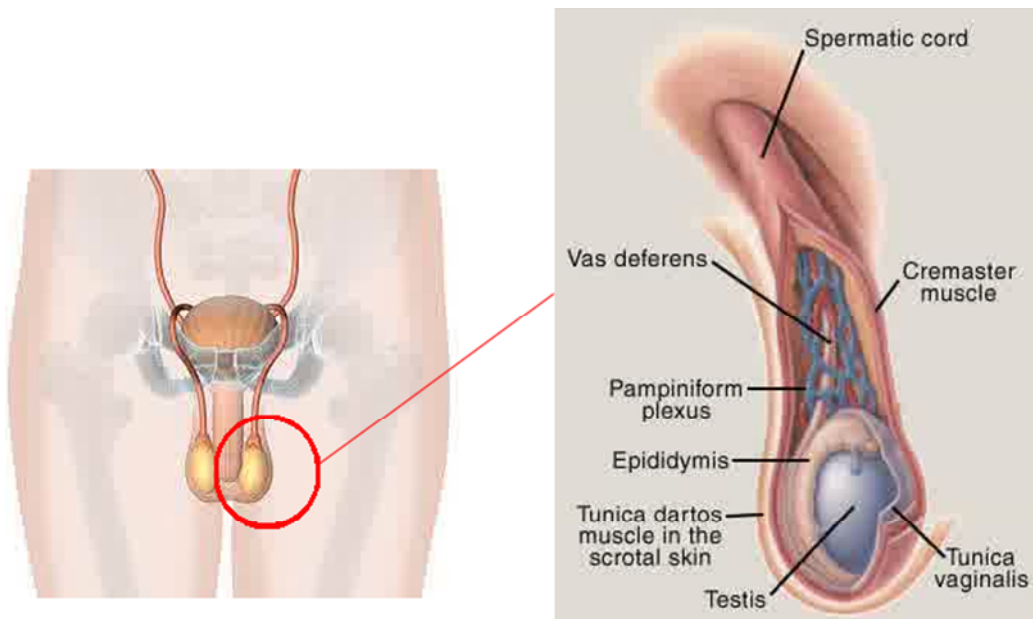
	Sapi, rusa,domba	Kuda	Babi	Anjing	Kucing
Orientasi testis	Di bawah cauda ventrikel	Horizontal	Di atas cauda perineal	Horizontal	Di atas cauda perineal
Ampula (Vas deferens)	+	+	±	±	-
Vesikula seminalis	+	+	+	-	-
Cowper	+	+	++	-	-
Prostat	+	+	+	+	+
Tipe penis	Sigmoid fibroelastis	Vaskular	Sigmoid Fibroelastis	Vaskular	Vaskular
Deposisi semen	Vagina	Uterus	Cervic	Vagina	Vagina

A. Testes

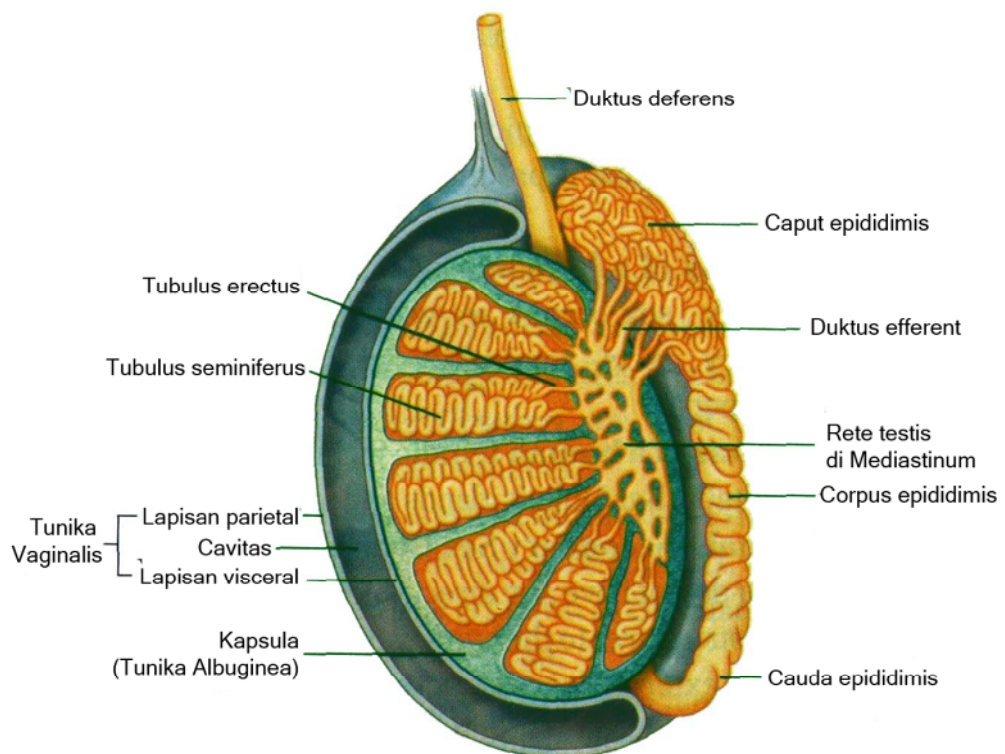
Testes (Tunggal: testis), dikenal juga dengan testikel, merupakan gonad reproduksi jantan yang bertanggung jawab dalam produksi sperma dan hormon testosteron. Testes mempunyai panjang sekitar 1.5-2 inchi dan berdiameter sekitar satu inchi pada manusia. Masing-masing testis dibungkus oleh kantung muskular yang disebut skrotum dan terhubung dengan rongga abdomen melalui otot "spermatic cord" dan otot "cremaster". Otot cremaster akan berkontraksi dan berelaksasi bersama dengan skrotum untuk mengatur temperatur di testes.

Testes diselubungi oleh lapisan tunica vaginalis, yaitu perluasan dari peritoneum abdomen. Lapisan tunica vaginalis ini merupakan lapisan pelindung bagi testes yang tersusun dari jaringan ikat padat tak beraturan. Tunica albuginea ini membagi bagian dalam testes menjadi kompartemen-kompartemen yang disebut dengan lobus. Di tiap-tiap lobus dijumpai saluran tempat pembentukan spermatozoa yang disebut tubulus seminiferus.

Dinding tubulus seminiferus tersusun atas sel Sertoli, sel Leydig dan sel-sel epitelium germinal yang tumbuh dan berkembang mulai dari spermatogonium menjadi spermatozoa melalui proses pembentukan spermatozoa yang disebut sebagai spermatogenesis. Melalui spermatogenesis, testes memproduksi sekitar 12 triliun spermatozoa (pada manusia) sepanjang hidup atau sekitar 400 juta sekali ejakulasi. Sel Sertoli berperan dalam mendukung spermatogenesis, memberi nutrisi dan memproteksi sel-sel germinal yang sedang membelah dan berdiferensiasi. Sementara itu, sel Leydig memproduksi hormon testosteron yang memunculkan sifat dan karakteristik sex sekunder pada individu jantan.



Gambar 2. Anatomi reproduksi jantan

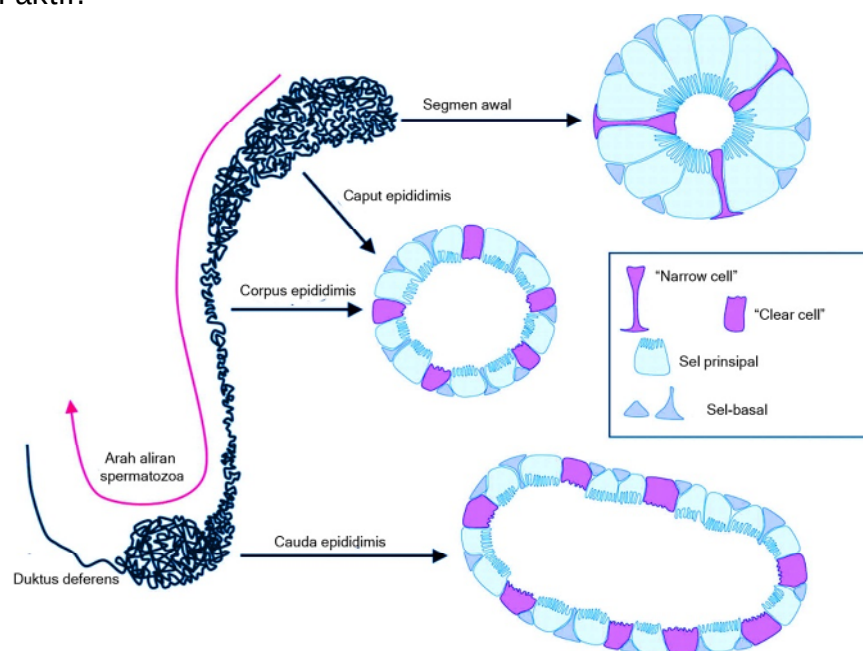


Gambar 3. Testis dan bagian-bagiannya

B. Epididimis

Epididimis merupakan organ yang dapat ditemukan di antara duktus efferent dan vas deferens. strukturnya berupa saluran berkelok-kelok, tubulus yang tipis namun terkemas dalam dimensi coiled dan padat, dengan panjang total mencapai 5-7 meter. Epididimis terdiri dari tiga bagian yaitu: caput, corpus dan cauda epididimis. Epididimis dibungkus oleh lapisan tunika vaginalis propria dan tunika albuginea yang tipis. Secara mikroskopis, epitelium epididimis tersusun atas dua tipe sel penting yaitu principal cell dan clear cell. Distribusi kedua tipe sel ini berbeda-beda antara spesies satu dengan yang lainnya. Selain dua tipe sel tersebut, komponen sel penyusun epididimis adalah sel-sel basal dan “narrow cells”.

Setelah mengalami pematangan di testis, spermatozoa kemudian di transport ke epididimis. Di bagian epididimis ini, spermatozoa yang kurang motil membutuhkan kemampuan motilitas dan fertilisasi. Studi telah membuktikan bahwa, epididimis mensekresikan cairan yang berfungsi untuk meningkatkan kematangan spermatozoa, kemampuan bergerak lebih aktif.



Gambar 4. Epididimis dan sel-sel penyusunnya

C. Duktus deferens

Duktus deferens merupakan saluran kelanjutan dari epididimis. Saluran dengan panjang kurang lebih 4.5 cm dimulai setelah epididimis hingga posterior testis. Setelah keluar dari testis, duktus deferens melewati bagian chorda spermatica menuju bagian abdomen. Setelah melewati ureter, kemudian menuju duktus vesikula seminalis. Duktus Deferens berperan mengalirkan sperma untuk di bawa kebagian duktus vesikula seminalis.

Duktus deferens mempunyai diameter yang relatif sama namun di bagian anterior vesica urinaria diameternya membesar dan dindingnya menebal, disebut sebagai ampula duktus deferens. Ampula duktus deferens dapat dijumpai pada hewan sapi, anjing, tetapi tidak pada hewan kucing dan babi.

D. Urethra

Urethra merupakan saluran yang menghubungkan antar kantung urine dengan alat genital. Urethra merupakan saluran pembuangan urine setelah urine dikumpulkan dan disimpan di kantung urine. Urethra pada betina biasanya lebih pendek daripada jantan. Pada jantan, urethra mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengeluaran urine dan semen.

E. Kelenjar-kelenjar asesoris

1. Seminal Vesicles

Kelenjar seminalis jumlahnya sepasang, fungsinya memproduksi dan menyimpan cairan semen. Panjang kelenjar seminalis kira-kira 2 inchi dan terletak di bagian posterior kantung urin dan anterior rektum. Cairan yang diproduksi oleh vesikula seminalis mengandung protein-protein dan mukus. Cairan vesikula seminalis bersifat alkaline berfungsi untuk membantu ketahanan hidup spermatozoa di lingkungan yang asam di

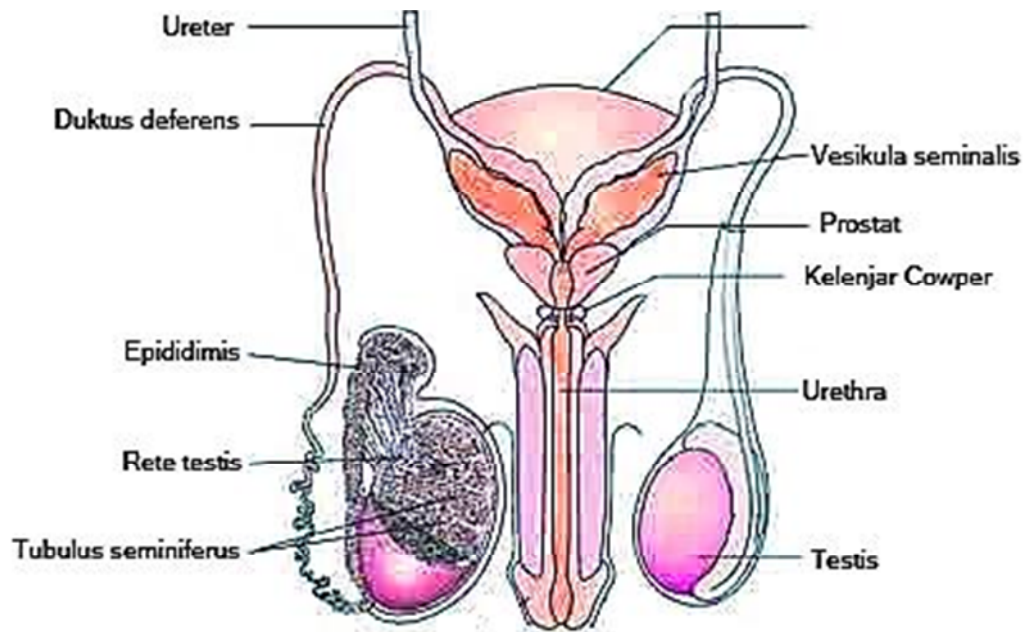
daerah vagina. Cairan vesikula seminalis juga mengandung fruktosa sebagai sumber nutrisi sel spermatozoa. Fruktosa digunakan sebagai sumber energi agar dapat bertahan hidup hingga dapat memfertilisasi sel telur.

2. Prostate

Kelenjar prostat merupakan kelenjar eksokrin yang membatasi bagian akhir inferior kantung urine dan mengelilingi urethra. Kelenjar prostat mensekresikan sejumlah besar cairan penyusun semen. Cairan tersebut berwarna keputihan dan mengandung enzim-enzim, berbagai protein dan senyawa kimia lain yang mendukung dan melindungi sperma selama diejakulasikan. Kelenjar prostat sendiri tersusun diantaranya oleh jaringan otot polos yang dapat berkontraksi mencegah aliran urine atau semen.

3. Cowper's Glands

Kelenjar Cowper atau kelenjar bulbourethralis merupakan sepasang kelenjar eksokrin seukuran biji kacang. kelenjar bulbourethralis terletak dibagian inferior dari prostate dan anterior anus. Kelenjar bulbourethralis mensekresikan cairan alkaline ke dalam urethra yang berfungsi sebagai lubrikasi dan menetralkan kondisi asam dari urine yang tersisa di urethra setelah proses urinari. Cairan bulbourethralis yang masuk ke urethra selama aktivitas seksual hingga ejakulasi dimaksudkan untuk persiapan urethra untuk aliran semen.



Gambar 5. Organ reproduksi jantan dan kelenjar asesories

F. Semen

Semen merupakan cairan yang diproduksi oleh organ genitalia jantan dan diejakulasikan keluar dari tubuh untuk dapat membuahi sel telur. Semen mengandung spermatozoa, dan sejumlah suspensi kimia. Bahan-bahan kimia tersuspensi tersebut memberikan sifat semen yaitu konsistensi yang lengket, dan sedikit basa. Kondisi ini sangat mendukung spermatozoa agar dapat bertahan hidup di sistem reproduksi betina terutama di vagina yang asam. Di manusia normal, semen mengandung kurang lebih 100 juta spermatozoa sell per mililiter. Spermatozoa tersebut akan memfertilisasi sel telur di saluran tuba falopii.

G. Duktus Ejakulatorius

Duktus deferens berlanjut melalui prostat dan bergabung dengan urethra. Di bagian ini kemudian disebut dengna duktus ejakulatorius. Duktus ejakulatorius merupakan saluran lanjutan untuk transportasi

spermatozoa bersama sekret-sekret dari kelenjar asesoris. Pada saat ejakulasi, duktus ejakulatorius akan membuka dan menyemburkan sperma. Pada saat yang bersamaan, terjadi sekresi dari kelenjar vesikula seminalis menuju urethra.

H. Skrotum

Skrotum merupakan organ reproduksi jantan yang berbentuk seperti kantong. Skrotum tersusun atas otot-otot dan kulit yang menyelubungi testis dan berlokasi di daerah pubis. Skrotum tersusun sebagian besar oleh otot polos yang memungkinkan pengaturan jarak lokasi antara testes dengan rongga badan.

Skrotum mempunyai kemampuan sebagai "thermostat" yaitu pengatur panas, agar kondisi temperatur di dalam skrotum stabil, sebagai penunjang proses spermatogenesis yang terjadi di dalam tubulus seminiferus testes. Saat testes menjadi lebih panas karena temperatur tubuh, maka otot polos yang mensupport testes tersebut akan berelaksasi dan menyebabkan testes menjauh dari rongga badan, membuat testes lebih dingin dan mensupport proses spermatogenesis. Sebaliknya, apabila temperatur di lingkungan lebih dingin, maka testes akan ditarik mendekat ke arah rongga badan agar temperatur testes menjadi lebih hangat dan menjaga proses spermatogenesis dapat tetap berlangsung.

I. Penis

Penis merupakan organ genitalia eksternal jantan. Terletak di bagian superior dari skrotum dan inferior umbilicus. Di dalam penis dapat dijumpai urethra dan sejumlah besar jaringan erektile yang dapat terisi dengan darah dan menyebabkan ereksi. Ereksi pada penis menyebabkan ukuran penis membesar. Ereksi penis disebabkan oleh membengkaknya ruang kavernosus oleh darah.

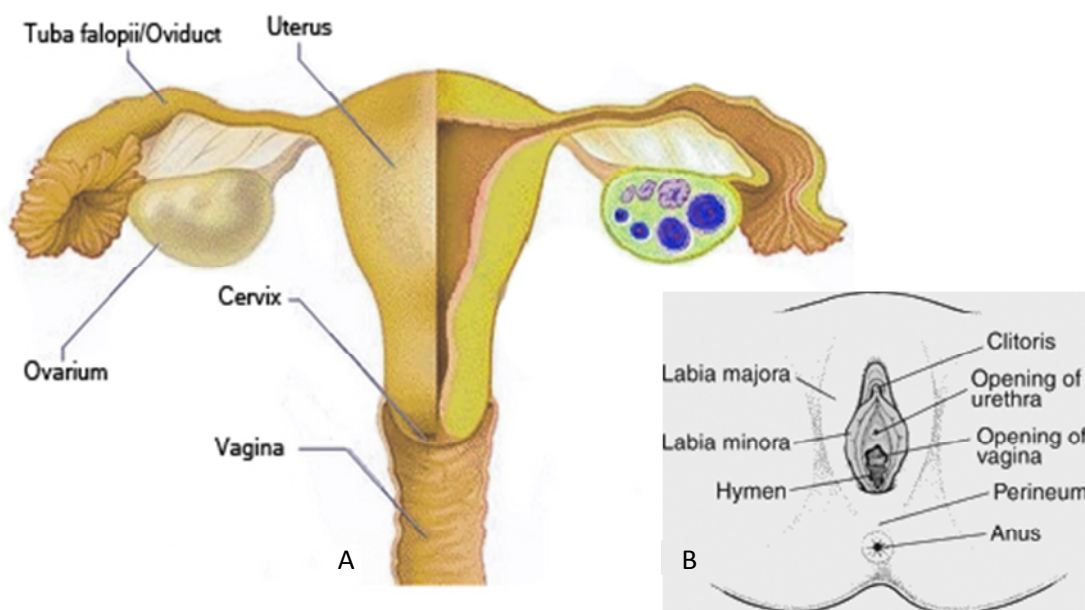
Fungsi dari penis adalah sebagai alat kopulasi yaitu menghantarkan semen ke dalam vagina, organ reproduksi betina pada saat penetrasi seksual. Selain sebagai alat kopulasi, penis juga sebagai saluran keluar urine melalui urethra.

Penis dapat dibedakan menjadi bagian korpus penis dan glans penis. Bagian korpus penis memiliki karakteristik massa jaringan erektile yang disebut corpora cavernosa. Tiap corpus cavernosum dibungkus oleh tunika albuginea. Penis terdiri atas tiga bagian utama yaitu: radix penis, corpus penis dan glans penis.

Penis sendiri dibedakan menjadi dua tipe yaitu: tipe musculo cavernosus dan tipe fibroelastis. Pada tipe musculo cavernosus, corpus cavernosusnya nampak mencolok dan waktu ereksinya tahan lama. Contoh hewan yang mempunyai penis tipe musculo cavernosus adalah kuda dan anjing. Sementara penis tipe fibroelastis corpus cavernosusnya kurang mencolok dibanding tipe musculo cavernosus. Volume waktu ereksi kurang lebih sama pada saat sedang tidak ereksi, karena terbentuk dari jaringan fibroelastis. Baik di kedua tipe penis dapat dijumpai dua tipe otot yaitu musculus erector penis berfungsi untuk mengereksikan penis dan musculus retractor penis berfungsi sebaliknya yaitu mengembalikan penis ke ukuran semula.

BAB 3. SISTEM REPRODUKSI BETINA

Secara umum sistem reproduksi atau genitalia betina dibedakan menjadi genitalia interna dan eksterna. Genitalia betina interna terdiri atas ovarium, tuba falopii/oviduct, uterus, cervix dan vagina. Genitalia eksterna terdiri dari vulva, labium majus, labium minus, clitoris dan kelenjar mammae.



Gambar 6. organ genitalia betina (A) Interna, (B) Eksterna

A. Ovarium

Pada mamalia, ovarium merupakan gonad betina yang bertanggung jawab terhadap diferensiasi dan pembebasan sel telur (oosit) yang masak. Sel telur yang masak tersebut kemudian akan melalui proses fertilisasi. Ovarium juga berperan sebagai kelenjar endokrin yang menghasilkan hormon steroid untuk menyokong perkembangan karakteristik dan sifat-sifat sekunder seksual serta mensupport kehamilan. Selain itu, ovarium berfungsi mengeluarkan hormon steroid dan peptida seperti estrogen dan progesteron. Hormon-hormon tersebut penting dalam proses pubertas

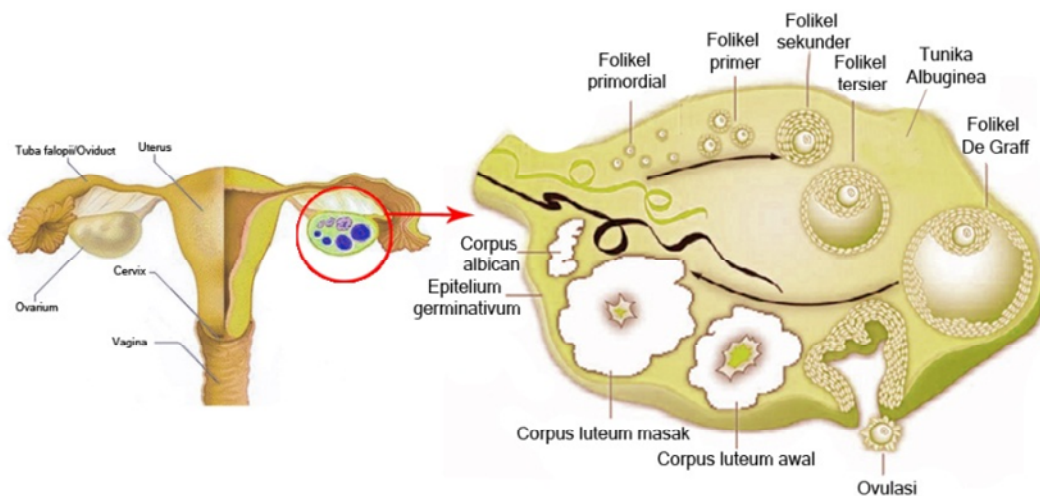
wanita dan ciri-ciri seks sekunder. Estrogen dan progesteron berperan dalam persiapan dinding uterus untuk implantasi telur yang telah dibuahi. Peran lain ovarium adalah memberikan sinyal kepada kelenjar hipotalamus dan pituitari dalam mengatur siklus menstruasi

Secara anatomi, ovarium (contoh pada sapi) mempunyai bentuk ovoid dan berukuran sekitar 4 x 2 x 1.5 cm. Ovarium berada di peritoneal dan diikat oleh suatu ligament yang disebut sebagai mesovarium. Peritoneum yang melapisi permukaan ovarium disebut epitelium germinativum ovarium. Sementara itu, lapisan lebih dalamnya berupa jaringan ikat padat yang disebut tunika albuginea. Lapisan setelah tunika albuginea adalah kortek yang tersusun atas folikel-folikel telur yang sedang berkembang yang dilingkupi oleh fibroblast, kolagen dan serat elastis. Bagian terdalam ovarium adalah medula, yang tersusun atas pembuluh darah, pembuluh limfatik dan serabut saraf.

Di dalam ovarium terjadi proses perkembangan sel telur (oogenesis). Sel-sel telur yang sedang berkembang tersebut disertai dengan perkembangan kelompok sel yang disebut sel folikel. Pada manusia, perkembangan oogenesis dari oogonium menjadi oosit terjadi pada embrio dalam kandungan dan oosit tidak akan berkembang menjadi ovum sampai dimulainya masa pubertas.

Pada masa pubertas, ovum yang sudah masak akan dilepaskan dari sel folikel dan dikeluarkan dari ovarium. Proses pelepasan ovum masak dari ovarium disebut ovulasi. Ketika folikel telah mengalami ovulasi, maka akan terjadi perubahan pada sel-selnya dibawah pengaruh luteinizing hormone (LH). Mulawanya folikel akan menjadi corpus hemorrhagicum (ditandai adanya perdarahan di tempat bekas ovulasi), selanjutnya berkembang menjadi corpus luteum (berwarna kuning) dan aktif menjalankan fungsinya, dan pada akhirnya mengalami degenerasi menjadi corpus albican (warna menjadi putih).

Sel ovum siap untuk dibuahi oleh sel spermatozoa dari pria, yang apabila berhasil bergabung akan membentuk zigot.



Gambar 7. Ovarium dan bagian-bagiannya

B. Tuba falopii

Tuba falopii atau disebut oviduce berjumlah sepasang. Secara umum oviduct berfungsi sebagai alat transportasi bagi ovum dan spermatozoa dalam arah berlawanan tempat pembuahan, bertindak sebagai kelenjer yang menyediakan makanan untuk ovum, tempat kapasitas spermatozoa, tempat terjadinya fertilisasi, dan sebagai tempat pembuahan ovum yang dibuahi (zigot).

Tuba fallopian atau oviduct terletak di tiap sisi dari uterus dan berasosiasi dengan tiap ovarium. setiap oviduct di uterus berada di sepanjang batas superior ligament. Bagian dari ligament tersebut secara langsung berhubungan dengan oviduct dan disebut mesosalpinx.

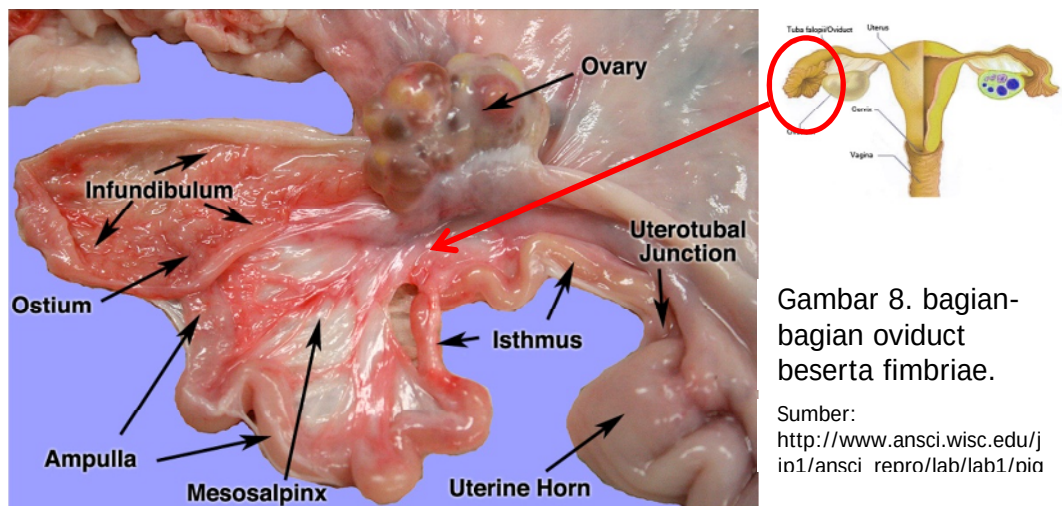
Salah satu ujung dari oviduct terbuka ke bagian rongga peritoneal yang berguna untuk menerima oosit yang telah masak hasil ovulasi

ovarium disebut infundibulum. Bagian infundibulum yang terbuka (Ostium) mengadakan perluasan berupa processus seperti jari-jari (Finger shape) disebut fimbriae. Permukaan dalam fimbriae dijumpai membrana mukosa bersilia.

Bagian dari oviduct yang dekat dengan infundibulum disebut ampulla. Ampulla merupakan bagian dari infundibulum yang terluas dan terpanjang, sekitar 7.5-8 cm dari total panjang 10 cm. Sementara itu bagian oviduct yang dekat dengan uterus disebut sebagai isthmus. Isthmus mempunyai struktur lebih tipis daripada ampulla.

Isthmus mempunyai berdiameter lebih kecil dari ampulla yaitu 0,5-1 mm, dan merupakan penghubung antara oviducts dan cornua uteri. Isthmus mempunyai hubungan langsung dengan uterus, pada tempat yang disebut utero-tubal junction. Sambungan utero-tubal junction tersebut pada kuda berbentuk papila kecil, sementara pada babi, sambungan tersebut dijaga oleh prosesus mukosa yang berbentuk seperti jari-jari. Pada sapi dan domba, bagian utero-tubal junction terdapat fleksura (lekukan), terutama pada masa estrus. Ketebalan lapisan musculus pada oviducts meningkat dan ujung dekat ovarium ke ujung dekat uterus.

Oviduct terdiri dari tiga lapisan yaitu, lapisan terluar disebut serosa tersusun dari peritoneum, lapisan tengah berupa lapisan muscular, tersusun atas jaringan otot polos longitudinal dan sirkuler. Sementara itu lapisan terdalam adalah lapisan membrana mukosa yang tersusun dari jaringan epitelium kolumnar bersilia. Lapisan membrana mukosa banyak melakukan pelipatan-pelipatan. Lapisan membrana mukosa ini menghasilkan nutrisi bagi oosit atau perkembangan massa embrio ketika terjadi fertilisasi di oviduct. Sementara itu epitelium bersilia di bagian membrana mukosa membantu pergerakan oosit dan cairan yang dihasilkan oleh membrana mukosa itu sendiri.



Gambar 8. bagian-bagian oviduct beserta fimbriae.

Sumber:
http://www.ansci.wisc.edu/jin1/ansci_repro/lab/lab1/nia

Bagian mukosa oviduk terusun atas tiga lipatan yaitu lipatan primer, sekunder dan tersier. Sementara, lipatan mukosa ampulla berjumlah hingga 20-40 lipatan, tinggi serta ada percabangan. Ketinggian lipatan berkurang di daerah awal isthmus dan rendah di bagian pertautan uterotubal (Uterotubal Junction). Rangkaian lipatan mukosa di bagian ampulla memenuhi lumen karena strukturnya yang kompleks. Sangat sedikit cairan di bagian tersebut yang menyebabkan ada kontak antara sel kumulus dengan mukosa bersilia. Bagian mukosa oviduk tersusun atas selapis sel epitel kolumnar dan ada yang bersilia dan non silia. Lapisan otot di bagian isthmus sedikit lebih tebal dari ampulla serta memiliki lipatan mukosa lebih sedikit yaitu antara 4-8 lipatan.

Sel bersilia dan motil (kinsilia) dijumpai di mukosa oviduk, memanjang ke dalam lumen. Gerakan kinsilia tersebut dipengaruhi oleh kadar hormon ovarium, dan aktivitasnya akan maksimal saat ovulasi. Adanya aksi kinsilia tersebut membuat ovum yang dikelilingi oleh sel kumulus tersapu dari permukaan ke arah mulut oviduk. Persentase sel kinsilia menurun dari ampulla ke arah isthmus, sementara jumlah tertinggi adalah di fimbria dan infundibulum. Adanya variasi persentase sel

bersilia dan sel sekretorik (non silia) sepanjang oviduk, mempunyai kaitan dengan fungsinya. Sel bersilia lebih menonjol di daerah ditangkap dari permukaan ovarium, sedangkan sel sekretorik banyak di daerah cairan luminal dibutuhkan sebagai medium antara ovum dan sperma.

Silia bergerak mengayuh ke arah uterus. Aktivitas tersebut bersama dengan oviduk, menjaga ovum agar tetap berputar di dalam oviduk. Hal tersebut penting untuk memberi kesempatan ovum bersama dengan spermatozoa sampai terjadinya fertilisasi, dan mencegah implantasi terjadi di oviduk. Kondisi oviduk sendiri dinamis, sejalan dengan status siklus estrusnya. Saat anestrus dan selama kebuntingan, oviduk atrofi dan sel-selnya tidak mempunyai silia, namun pada saat proestrus dan estrus menjadi hipertrofi dan sel-selnya mempunyai silia.

Sel sekretorik merupakan sel tidak bersilia yang dijumpai di mukosa oviduk. Kandungan granula sekretorik di oviduk dipengaruhi oleh perbedaan spesies, fase yang berbeda dan siklus estrus yang berbeda. Granula sekretorik yang terakumulasi dalam sel epitel selama fase folikuler dan siklus akan dilepaskan ke dalam lumen setelah ovulasi terjadi, menyebabkan ketinggian epitel berkurang.

Cairan oviduk mempunyai beberapa fungsi: yaitu berperan dalam kapasitas sperma, hiperaktivasi sperma, fertilisasi dan perkembangan awal praimplantasi. Komposisi cairan oviduk terdiri dari transudat serum serta hasil sekresi granula dari sel sekretorik epitelium oviduk. Sekresi oviduk dipengaruhi oleh hormon steroid.

C. Uterus

Uterus pada manusia berukuran sekitar 7.5 cm panjang dan lebar 5 cm. Uterus secara anatomi terdiri dari 2 buah cornua uteri, sebuah corpus uteri, dan cervix. Proporsi masing-masing bagian tersebut, termasuk

bentuk dan rangkaian berbeda-beda di antara spesies. Kedua sisi uterus terhubung ke dinding pelvis dan abdomen oleh ligamentum uteri.

Uterus mempunyai fungsi dan peranan penting dalam reproduksi embriologi, yaitu:

1. Sebagai sarana transport spermatozoa dan tempat penampungan semen sementara ke tempat fertilisasi di oviduk dengan difasilitasi adanya kontraksi myometrium. Sedangkan endometrium berperan dalam proses kapasitas spermatozoa.
2. Pengaturan fungsi korpus luteum melalui pelepasan prostaglandin
3. Inisiasi implantasi dengan menyediakan nutrisi bagi embrio,
4. Tempat embrio, fetus berkembang
5. Proses kelahiran (partus) melalui kontraksi myometrium akan mendorong fetus keluar, dan adanya involusi uterus terjadi pasca melahirkan untuk persiapan kehamilan berikutnya.

Bagian endometrium uterus, juga berperan dalam memfasilitasi mekanisme perlekatan membran extraembrional. Penggabungan endometriuin dan membran extraembrional akan membentuk plasenta, dan proses pembentukan plasenta disebut plasentasi. Melalui plasenta ini nutrisi ditransfer dari sirkulasi darah induk ke fetus, sedangkan sisa zat yang tidak berguna dari fetus akan dikeluarkan.

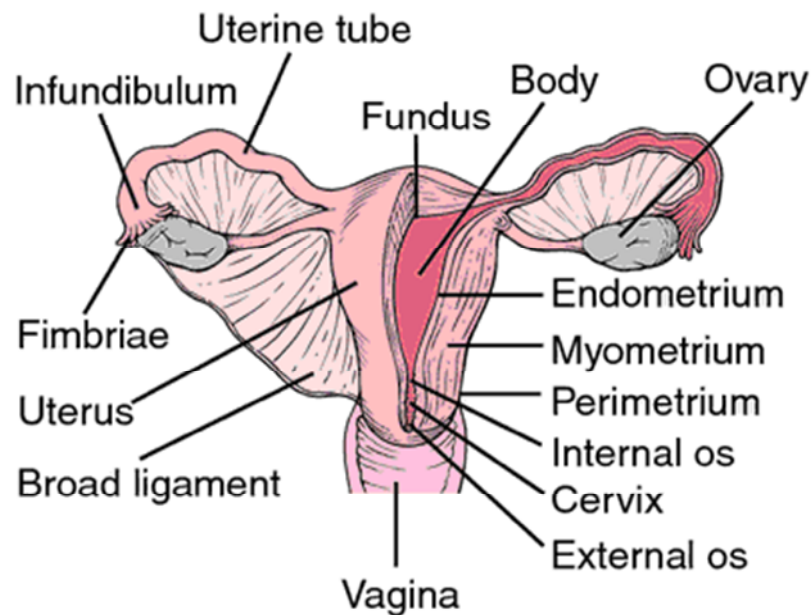
Uterus terdiri atas tiga lapisan utama yaitu: Lapisan endometrium, myometrium dan Perimetrium. Secara garis besar endometrium dibedakan menjadi 2 daerah yaitu Stratum fungsionale dan stratum basalis. Stratum fungsionale melapisi rongga uterine dan dibedakan menjadi stratum compactum dan spongiosum. Stratum compactum dan stratum spongiosum berkembang menjadi stratum fungsionale selama masa awal siklus menstruasi (Fase proliferasi). Stratum fungsionale divaskularisasi oleh Arteria spiralis yang berkelok-kelok sehingga disebut coiled arteri. Arteria spiralis akan membentuk arteriol, kemudian anyaman kapiler di

permukaan endometrium. Stratum fungsionale akan dilepaskan atau meluruh pada saat fase menstruasi.

Stratum basale berada dekat dengan miometrium. Divaskularisasi oleh arteria basalis atau arteria straight yang berbentuk lurus dan pendek. Lapisan ini bersifat permanent dan membentuk stratum fungsional baru ketika setelah menstruasi.

Lapisan myometrium merupakan bagian tengah dari lapisan uterus, tersusun atas jaringan otot polos sirkuler, longitudinal dan obliquus. Selama masa kehamilan struktur otot lapisan myometrium mengalami perubahan dalam hal struktur dalam rangka persiapan masa kelahiran

Sementara itu lapisan Perimetrium atau serosa terdiri atas jaringan ikat dan pembuluh darah. Lapis luar perimetrium merupakan kelanjutan dari peritoneum (serosa) hanya saja sub serosa relatif tebal dan mengandung otot polos membentuk alat penggantung uterus (ligamentum uteri). Lapisan terluar perimetrium berupa jaringan ikat dengan ligament yang adventitial di beberapa daerah, tetapi sebagian besar ditutupi oleh mesothelium serosa. Bagian anterior uterus ditutupi oleh tunika adventitia (jaringan pengikat tanpa sel epitel) yang menutupi kantung urine dan membentuk kantung vesicouterine. Bagian lateral perimetrium uteri menjadi broad ligament. Sedangkan bagian fundus dan posterior ditutupi oleh tunika serosa (yang terdiri dari selapis sel epitel gepeng yang disebut mesotel).



Gambar 9. Uterus dan bagian-bagiannya

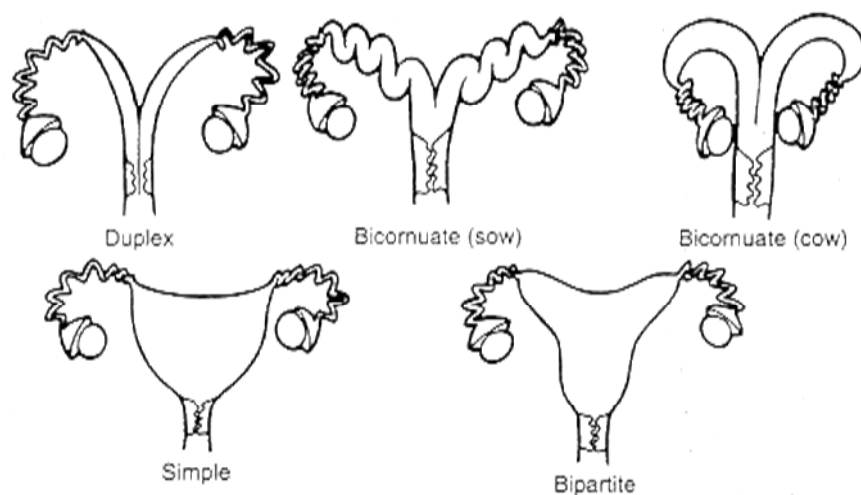
Uterus pada mamalia mempunyai variasi bentuk. Ada empat tipe uterus yang ditemukan pada hewan mamalia yaitu:

1. Uterus duplex = memiliki dua korpus uteri, dan cornua uteri terpisah sempurna. Tipe uterus ini dimiliki oleh tikus, mencit, kelinci, marmut dan hewan kecil lainnya.
2. Uterus bicornua = Terdiri dari satu corpus-uterus yang kecil dan pendek, dua cornua-uterus yang panjang berkelok-kelok, dan satu cervix. Pertemuan antara kedua cornua uteri yang lebih dekat pada corpus uteri, memberi kesan bahwa corpus uteri lebih besar dari yang sesungguhnya, bahkan kadang-kadang uterusnya terlihat seperti uterus bipartite. Tipe uterus ini dimiliki oleh babi dan hewan insectivora.
3. Uterus simplex = terdiri dari satu cervix, satu corpus-uterus yang berukuran besar dan jelas tanpa cornua-uterus. Tipe uterus ini dimiliki oleh hewan primata.
4. Uterus bipartite = terdiri dari satu cervix dan satu corpus-uterus yang jelas. Kecuali kuda, terdapat septum antara cornua kanan dan cornua

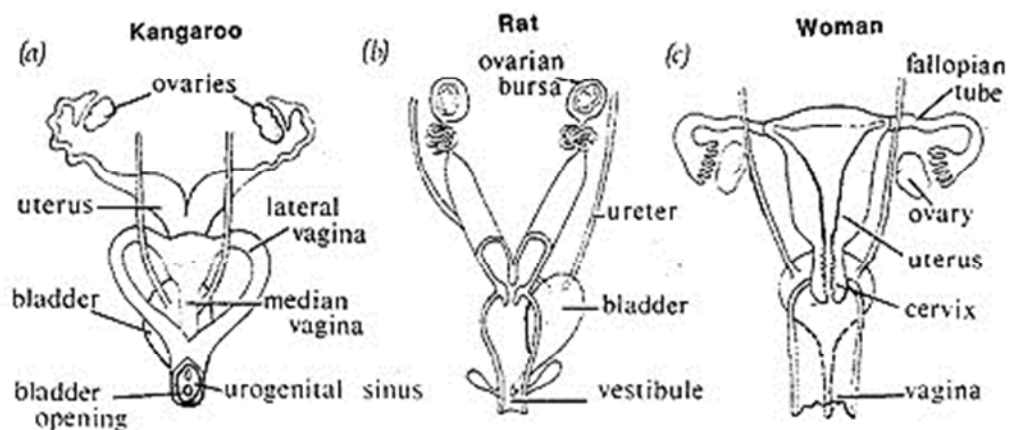
kiri. Tipe uterus ini dimiliki oleh domba, sapi, kerbau, kucing, anjing dan kuda.

5. Uterus Delphia

Uterus tipe ini dimiliki oleh hewan berkantung, seperti opossum, kanguru, dan platypus. Semua saluran kelaminnya terbagi dua yaitu dua kornua uteri, dua korpus uteri, dua servik, dan dua vagina.



Gambar 10. Tipe-tipe uterus



Gambar 11. Perbandingan uterus kangguru, tikus dan manusia

D. Cervix

Cervix atau dikenal dengan leher rahim merupakan organ silindris muskuler yang mampu melakukan kontraksi dan relaksasi. Cervix mempunyai bagian terbuka yang memungkinkan transportasi semen dan darah menstruasi. Cervix merupakan organ yang tersusun dari jaringan ikat fibrosa serta jaringan otot polos. Secara struktural, cervix seperti pengunci (Sphincter) yang berhubungan dengan vagina. Dinding cervix tebal dan lumennya cenderung berkerut. Tiap spesies mempunyai struktur dan ukuran cervix yang berbeda-beda.

Pada hewan ruminansia, cervix seperti tertutup karena adanya cincin annular yang susunannya saling mengunci satu dengan yang lain (Interlocking). Sementara pada babi, cincin cervix seperti pembuka botol (Corkscrew) karena menyesuaikan bentuk ujung penis pejantan yang seperti spiral. Beda lagi pada kuda, cervix kuda membentuk lipatan-lipatan dan tonjolan ke arah vagina.

Cervix pada umumnya selalu dalam keadaan tertutup, namun membuka saat estrus, karena relaksasi dan memungkinkan spermatozoa masuk uterus. Mukus yang disekresikan cervix keluar melalui vulva. Mukus cervix juga berubah-ubah kualitasnya selama siklus estrus, dipengaruhi oleh hormon estrogen dan progesteron. Saat estrus dan ovulasi, serta hormon estrogen tinggi kadarnya, mukus kekentalannya menjadi turun, namun volumenya meningkat. Hal tersebut memudahkan spermatozoa untuk lewat. Sebaliknya, disaat fase luteal, yaitu pada saat kadar progesteron tinggi, mukus cervix menjadi lebih sedikit volumenya dan sangat, sehingga mencegah masuknya spermatozoa.

Secara umum fungsi cervix adalah:

1. Transport spermatozoa, mekanismenya dipengaruhi hormon
2. Tempat penampungan dan seleksi spermatozoa, adanya lipatan mukosa membuat spermatozoa yang tidak baik dan mati akan terjerat, dan hanya spermatozoa berkualitas baik yang dapat masuk ke uterus.
3. Sebagai barrier antara uterus dengan bagian luarnya, serta mencegah masuknya mikroorganisme dari lingkungan luar. Mekanisme barrier dilakukan dengan cara perubahan kekentalan mukus dan mekanisme interlocking cincin cervix
4. Berperan dalam proses kelahiran (Partus), yaitu pada saat partus cervix akan mengalami dilatasi sehingga fetus dapat terdorong keluar.

E. Vagina

Vagina merupakan saluran tubular sepanjang kurang lebih 10 cm dari uterus hingga bagian terluar vagina. Vagina pada hewan betina berfungsi sebagai alat kopulasi, menerima penis selama seksual intercourse. Fungsi lain dari vagina adalah sebagai jalur keluarnya darah menstruasi dan juga jalan lahir pada saat proses kelahiran normal, sebagai organ kopulasi, tempat penampungan spermatozoa sementara setelah kawin alam, dan transport spermatozoa.

Lapisan dinding vagina tersusun dari lamina propria yang merupakan lapisan terluar dari vagina dan kaya akan serat elastis. Dibagian lamina propria tidak dijumpai adanya kelenjar. Lapisan setelah lamina propria adalah lapisan otot polos yang tersusun atas otot polos sirkuler dan longitudinal. Lapisan terdalam dari vagina adalah membrana mukosa. Lapisan membrana mukosa dinding vagina tersusun dari jaringan epitelium pipih berlapis. Lapisan otot polos memungkinkan vagina meregang dan mengakomodasi adanya alat kopulasi berupa penis ketika terjadi penetrasi. Sementara itu bagian membrana mukosa mempunyai

fungsi sebagai pelindung. Bagian membrana mukosa ini mensekresikan mukus sebagai pelumasan pada saat penetrasi alat kopulasi. Mukus juga dihasilkan oleh kelenjar yang ada di labia minora.

Bagian vagina yang terbuka diselaputi oleh lapisan tipis membrana mukosa yang disebut sebagai hymen. Hymen berstruktur perforatif atau berlubang. Ada kalanya hymen tidak berlubang atau disebut hymen imperforata. Di kejadian hymen imperforata, harus dilakukan insisi atau penyayatan untuk jalan keluar darah menstruasi. Pada umumnya hymen berlubang satu atau dua. Hymen dapat mengalami kerusakan tanpa adanya penetrasi, sebagai contoh akibat aktivitas fisik berupa peregangan di daerah vaginal. Sehingga ketiadaan hymen tidak selalu mengindikasikan telah terjadi penetrasi seksual.

F. Genitalia externa

Organ genitalia betina terdiri atas, vulva, vestibulum, labium dan clitoris. Organ genitalia eksterna betina sering disebut sebagai vulva atau pudendum yang terdiri dari vestibula. Vulva adalah bagian genitalia eksterna betina yang terdapat antara vagina dengan bagian terluar dari organ eksterna. Hubungan antara vagina dengan vulva ditandai adanya orifis uretral eksterna. Pada posisi cranial terhadap orifis uretral eksterna dijumpai adanya hymen vestigeal. Hymen tersebut terkadang rapat dan mempengaruhi kopulasi. Sementara itu Vestibula vagina merupakan bagian tubuler dari sistem reproduksi eksterna betina.

Vestibulum merupakan perbatasan antara daerah vagina dengan vestibulum yang ditandai oleh orificium urethra externa dan struktur seperti benang disebut hymen. Pada sapi, kuda, dan domba keberadaan hymen ini kadang sangat menonjol sehingga terlibat dengan kopulasi. Panjang vestibulum pada sapi sekitar 10 cm. Bagian orificium urethra terletak di bagian ventral. Di vestibulum sendiri terdapat struktur

diverticulum suburethra yang merupakan kantong buntu, dan memiliki kelenjar bartholin serta ductus Gartner's. Kelenjar Bartholin, strukturnya mirip dengan kelenjar bulbourethralis. Kelenjar Bartholin mensekresikan mukus, dan jumlahnya meningkat saat estrus. Sementara itu, duktus Gartner's merupakan sisa dari duktus Wolfii yang tidak berkembang.

Bagian labium terdiri dari labium majus dan labium minus. Bagian labium majus terdapat deposit lemak, jaringan yang elastis, serta lapisan muskulus. Struktur permukaan luar mirip seperti kulit. Pada labium minus dijumpai adanya jaringan ikat seperti spon dan mengandung kelenjar.

Clitoris tersusun oleh jaringan erektile yang ditutupi oleh sel squamous, dan dijumpai sensor ujung syaraf. Pada sapi sebagian clitoris terbenam dalam mukosa vestibulum, namun pada kuda clitoris sangat berkembang baik. Sementara itu bentuk clitoris babi panjang, sinous, dan ujungnya menguncup membentuk bangunan seperti corong.

G. Kelenjar mammae

Kelenjar mammae merupakan organ penghasil susu dan terletak di mammae atau payudara. Kelenjar mammae adalah modifikasi dari kelenjar keringat. Kelenjar mammae terletak fascia superfisial di sekitar sternum dan aksila, mengadakan perluasan dari tulang rusuk kedua hingga ketujuh. Kelenjar mammae tersusun dari jaringan areolar yang tersusun atas lobus-lobus yang terpisahkan oleh jaringan ikat dan jaringan lemak. Setiap lobus bermuara ke duktus laktiferus (saluran susu). Sementara itu saluran limfe dalam ruang interlobular bergabung membentuk saluran lebih besar. Berat payudara sendiri berkisar antara 200 gr kondisi normal, 600 gr saat terjadi kehamilan dan 800 gr pada saat menyusui.

Payudara tumbuh dan berkembang saat masuk masa pubertas. tumbuh kembang payudara dipengaruhi oleh hormon-hormon reproduksi,

yaitu hormon estrogen yang mempengaruhi Secara anatomi, payudara dibedakan menjadi tiga daerah utama yaitu: korpus, Areola dan papilla.

Korpus

Korpus atau badan payudara merupakan bagian yang membesar. korpus terdiri dari jaringan kelenjar mammae, duktus laktiferus, jaringan ikat, jaringan lemak, pembuluh darah, pembuluh limfe dan jaringan saraf. Di bagian korpus ini dijumpai alveolus yaitu unit terkecil penghasil susu. Alveolus sendiri tersusun atas sel Aciner, jaringan lemak, sel plasma, sel otot polos serta pembuluh darah. Sel alveoli kerjanya dipengaruhi oleh hormon prolaktin, yaitu hormon yang memicu dihasilkannya air susu. Beberapa alveolus berkumpul menjadi lobulus. lobulus-lobulus berkumpul menjadi lobus. Ada sekitar 15 hingga 20 lobus di tiap payudara.

Air susu yang dihasilkan disalurkan ke duktulus latiferus. Duktulus laktiferus berkumpul menjadi satu saluran besar disebut duktus latiferus. Duktus latiferus ini akan menyalurkan air susu dari alveoli ke sinus laktiferus. Sinus laktiferus dikenal juga dengan ampula. Ampula merupakan saluran air susu yang melebar dan membentuk kantung di sekitar areola yang berfungsi menyimpan air susu.

Jaringan lemak yang ada di korpus menentukan besar kecilnya payudara. Jaringan lemak terdapat di sekitar alveoli dan duktus laktiferus. Banyak sedikitnya lemak meskipun mempengaruhi ukuran payudara, namun tidak mempengaruhi ukuran alveoli dan sinus laktiferus. Sehingga air susu yang dikeluarkan akan sama banyaknya.

Sementara itu di sekitar alveoli dijumpai adanya jaringan otot polos yang bertugas untuk memeras alveoli dengan cara kontraksi. kontraksi otot polos tersebut akan menyebabkan air susu keluar. Kerja otot polos di sekitar alveoli ini dipengaruhi oleh hormon oksitosin. Hormon ini akan menyebabkan otot polos berkontraksi.

Areola

Bagian eksternal, baik pada individu jantan maupun betina dijumpai adanya struktur putting susu atau disebut nipple dan dikelilingi oleh pigmentasi sirkuler disebut sebagai areola. Areolar tersusun atas kelenjar-kelenjar Montgomery yang mengeluarkan cairan berminyak agar supaya putting susu tetap lemas dan melindungi areola pada saat menyusui. Dibagian areolar dijumpai adanya jaringan otot polos dan serabut-serabut saraf. Fungsi jaringan oto polos adalah menonjolkan putting dan mengosongkan sinus laktiferus pada saat menyusui.

Papilla

Putting susu mengandung akhiran saraf yang sensitif serta jaringan otot polos yang mampu berkontraksi jika ada rangsangan. Bentuk putting susu ada empat yaitu bentuk normal, pendek atau datar, panjang dan terbenam atau inverted.

BAB 4. GAMETOGENESIS

Gametogenesis merupakan proses pembentukan gamet di gonad jantan atau betina. Gametogenesis melibatkan proses pembelahan sel-sel gamet melalui mitosis dan meiosis. Melalui pembelahan meiosis, sel benih akhirnya membentuk sel gamet yang haploid. Pada hewan jantan gametogenesis disebut sebagai spermatogenesis sedangkan pada betina disebut oogenesis. Tujuan dari gametogenesis adalah menghasilkan material genetik yang dibutuhkan selama proses replikasi melalui proses mitosis dan meiosis.

A. Spermatogenesis

Proses diferensiasi dari spermatogonium menjadi spermatozoa disebut sebagai spermatogenesis. Spermatogenesis merupakan proses yang kompleks dan melibatkan pembelahan baik mitosis dan meiosis. Pada manusia, spermatogenesis dimulai sejak masa pubertas dan terus berlanjut seumur hidup individu. Spermatogenesis berlangsung di tubulus seminiferus. Hampir 90% volume testis di tempati oleh tubulus seminiferus dengan berbagai tahapan perkembangan sel gamet jantan. Di dalam tubulus seminiferus, sel-sel gamet jantan yang berkembang tersebut, tersusun dengan urutan yang beraturan, dimulai dari bagian membrana basalis menuju lumen.

Secara umum spermatogenesis dibedakan menjadi tiga tahap yaitu:

1. Tahap spermatositogenesis
2. Tahap meiosis
3. Tahap spermiogenesis

1. Tahap spermatositogenesis

Tahap spermatositogenesis merupakan tahap awal proses pembentukan spermatozoa. Tahap ini dipengaruhi oleh sel sertoli, yaitu sel yang memberi nutrisi-nutrisi kepada spermatogonia, sehingga dapat berkembang menjadi spermatosit. Di dalam spermatositogenesis, spermatogonia bermitosis menjadi spermatid primer. Dalam tahap ini terjadi diferensiasi sel-sel germinal primordial menjadi spermatogonium. Spermatogonium mempunyai jumlah kromosom diploid ($2n$). Spermatogonia sebagai cikal bakal spermatozoa, menempati bagian paling dasar di membrana basalis, diikuti dengan spermatosit primer, spermatosit sekunder dan spermatid yang sudah mengarah ke bagian lumen.

Terdapat tiga jenis spermatogonium yaitu:

- a. Tipe A(d)/dark: Dengan inti gelap, sel spermatogonium ini akan menggandakan diri dan merupakan cadangan spermatogonium yang konstan dalam proses spermatogenesis
- b. Tipe A(p)/pale: Inti pucat, sel tipe ini akan mengalami mitosis untuk menghasilkan tipe B
- c. Tipe B: spermatogonium ini akan membelah diri menghasilkan spermatosit primer

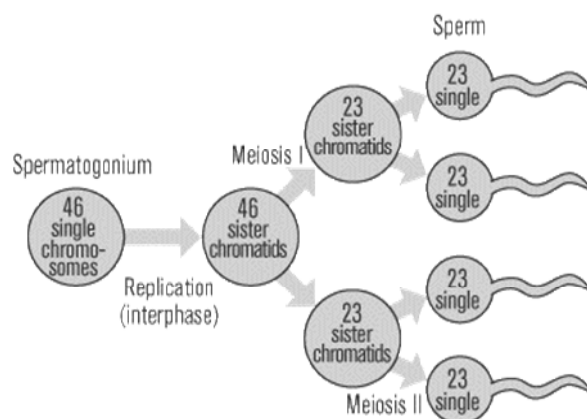
Dalam pembentukan spermatosit primer, spermatogonia akan bermitosis berkali-kali. Tahap profase di mitosis pertama ini waktunya cukup lama dan spermatosit primer mempunyai masa hidup paling lama dibandingkan tipe-tipe sel gamet jantan lainnya.. Satu spermatosit primer akan menghasilkan dua set anakan spermatosit sekunder. Spermatosit sekunder merupakan tipe sel gamet jantan yang mempunyai masa hidup terpendek.

2. Tahap meiosis

Tahap meiosis, merupakan tahapan spermatosit primer bermiosis I membentuk spermatosit sekunder dan langsung terjadi meiosis II yaitu pembentukan spermatid, dari spermatosit sekunder. Proses ini terjadi saat spermatosit primer menjauhi lamina basalis, dan sitoplasma semakin banyak. Spermatosit primer awalnya masih mengandung kromosom diploid ($2n$) yang kemudian akan mengalami meiosis. Di dalam proses pembentukan spermatosit sekunder, spermatosit primer akan menjauh dari lamina basalis, sitoplasma bertambah banyak, dan terjadi pembelahan meiosis pertama membentuk dua spermatosit sekunder dengan jumlah kromosom haploid ($1n$). Pada proses meiosis pertama akan langsung diikuti dengan pembelahan meiosis kedua yang membentuk empat spermatid masing-masing dengan kromosom haploid.

3. Tahap spermiogenesis

Tahapan Spermiogenesis, merupakan tahap transformasi spermatid menjadi spermatozoa. Tahapan ini terdiri dari empat fase : yaitu fase golgi, fase tutup, fase akrosom, dan fase pematangan. Spermatozoa yang terbentuk terdiri dari tiga bagian: kepala, leher, dan ekor spermatozoa.

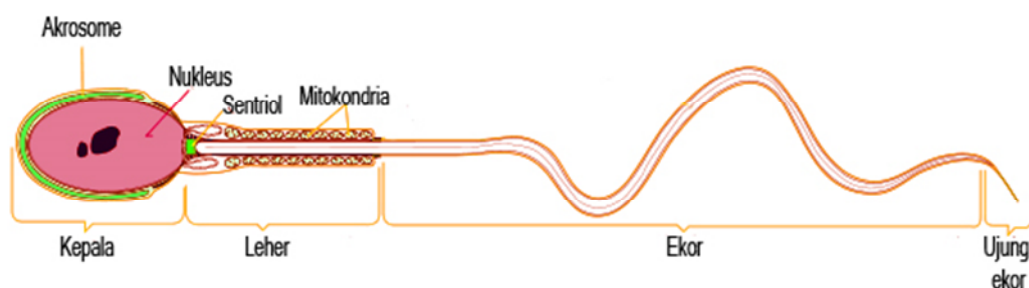


Gambar 12. Jumlah kromosom sel-sel gamet saat spermatogenesis

Sumber: <http://www.sparknotes.com/testprep/books/sat2/biology/chapter7section2.rhtml>

Setelah melewati tahap spermiogenesis, spermatozoa yang telah masak akan dibebaskan dari sel sertoli ke lumen tubulus seminiferus untuk selanjutnya menuju epididimis. Proses pelepasan tersebut dinamakan Spermiasi (Spermiation). Spermatozoa pada dasarnya belum memiliki kemampuan bergerak sendiri (non-motil). Spermatozoa non motil ini ditranspor dalam cairan testicular hasil sekresi sel Sertoli dan akan bergerak menuju epididimis yang disebabkan kontraksi otot peritubuler. Spermatozoa baru mampu bergerak aktif progresif dalam saluran epididimis, namun pergerakan spermatozoa dalam saluran reproduksi jantan bukan karena motilitas sperma sendiri melainkan karena adanya kontraksi peristaltik otot saluran reproduksi tersebut.

Secara umum bagian kepala spermatozoa yang telah masak, terdapat akrosoma yang terbentuk dari badan golgi dan mengandung enzim hialuronidase dan proteinase yang berfungsi untuk menembus lapisan pelindung ovum. Pada bagian ini juga terdapat inti spermatozoa yang menyimpan sejumlah informasi genetik yang akan diwariskan kepada keturunannya. Bagian leher spermatozoa, banyak mengandung mitokondria. Leher spermatozoa merupakan tempat oksidasi sel untuk membentuk energi, sehingga sperma dapat bergerak aktif. Bagian ekor spermatozoa, merupakan alat gerak mendorong spermatozoa masuk ke dalam vas deferens dan duktus ejakulatorius dan menuju ovum untuk proses fertilisasi.



Gambar 13. Bagian-bagian spermatozoa

B. Pengendalian Spermatogenesis

Pengendalian spermatogenesis secara hormonal sangat bervariasi di antara spesies. Pada manusia, mekanisme spermatogenesis masih belum terjawab dengan jelas. Namun telah diketahui bahwa inisiasi spermatogenesis terjadi pada masa pubertas yang merupakan interaksi antara kelenjar hipotalamus, pituitary dan sel Leydig.

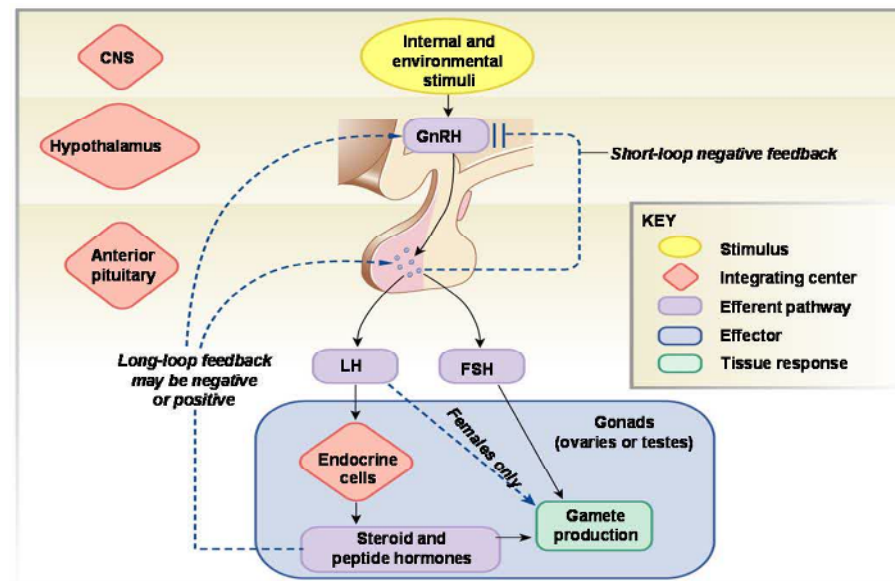
Hormon utama yang berperan dalam spermatogenesis adalah Luteinizing Hormone (LH), Follicle Stimulating Hormone (FSH) dan Testosteron. Luteinizing Hormone mengontrol spermatogenesis melalui sekresi testosteron yang diproduksi oleh Sel Leydig. Sementara itu testosteron akan mempengaruhi sel Sertoli dengan cara meningkatkan tingkat responsifitasnya terhadap FSH dan secara simultan akan menghambat sekresi LH dengan cara mekanisme umpan balik negatif melalui poros hipotalamo-hipofiseos. FSH bertugas mengontrol pematangan epitelium germinal dengan mempengaruhi langsung sel Sertoli dan menginduksi sel Sertoli untuk memproduksi protein yang mengikat androgen atau disebut Androgen Binding Protein (ABP).

Dalam kondisi tidak adanya kelenjar pituitary, spermatogenesis dapat diinisiasi oleh FSH dan Testosteron. FSH diperlukan untuk merangsang produksi ABP oleh sel Sertoli dan membantu fungsi sel Sertoli sebagai "blood-testis barrier" serta fungsi lain sel Sertoli. Ketika sel Sertoli telah berfungsi, maka testosteron dapat bertindak memelihara spermatogenesis. Dalam kondisi normal, FSH akan memicu terbentuknya spermatogonia dengan cara mencegah atresia Spermatogonia A yang sedang berdiferensiasi. Spermatogonia A 50% nya dapat dikurangi dengan cara meningkatkan aktivitas seksual. Kadar FSH di jantan dipengaruhi oleh lingkungan, ditingkatkan oleh aktivitas seksual dan dihambat oleh adanya inhibin.

Androgen kemudian ditransport dari tempat produksinya yaitu sel Leydig untuk merangsang perkembangan sel-sel benih jantan di tubulus seminiferus. ABP diproduksi oleh sel Sertoli dan di curahkan ke lumen untuk bergabung dengan androgen menuju ke caput epididimis. Sintesis ABP tergantung kepada stimulasi FSH tetapi hanya setelah sel sertoli tidak ada dalam pengaruh androgen. Testosteron berpartisipasi untuk menginduksi dan memelihara spermatogenesis, beraksi melalui reseptor androgen sel sertoli atau melalui reseptor androgen sel spermatogenik.

Selain mekanisme di atas, testes juga menskresikan hormon-hormone lain yang berperan dalam regulasi spermatogenesis namun mekanisme yang jelas belum sepenuhnya diketahui. Salah satu diantaranya adalah estradiol (E2). Saat pertama diteliti, E2 merupakan hormon sex wanita. Namun reseptor estrogen (ER) juga ditemukan banyak di sel-sel testikular, mengindikasikan bahwa estrogen juga berperan dalam pengaturan kerja testikular. Di testis manusia, ER merupakan reseptor utama dari estrogen dan berada di nukleus spermatogonia, spermatosit dan perkembangan awal spermatid orang dewasa.

Pengendalian hormonal spermatogenesis juga terjadi dengan mekanisme interaksi autokrin dan parakrin. Inhibin-b (Inh-b) dan Antimullerian Hormone (AMH) berperan dalam pengendalian spermatogenesis. Pada manusia, Inh-b dihasilkan oleh sel sertoli dan dikontrol sekresinya oleh FSH dari kelenjar pituitary dan dikendalikan dengan umpan balik negatif. Dari jalur tersebut nampak bahwa, apabila kadar Inh-b rendah di dalam peredaran darah, maka mengindikasikan ada gangguan dalam spermatogenesis. Sementara itu AMH juga disekresikan oleh sel Sertoli dan produksinya dipengaruhi oleh faktor transkripsi, testosteron, FSH dan spermatosit saat profase I.



Gambar 14. Pengendalian spermatogenesis

Sumber: <http://www.austincc.edu/apreview/PhysText/Reproductive.html>

C. Oogenesis

Oogenesis merupakan gametogenesis pada individu betina. Dalam oogenesis terjadi proses pembentukan sel telur (ovum) di dalam ovarium. Oogenesis diawali dengan pembentukan bakal sel-sel telur yang disebut oogonia (tunggal: oogonium). Pembentukan sel telur pada manusia diawali sudah sejak di dalam kandungan, yaitu di dalam ovarium fetus perempuan. Pada usia akhir bulan ketiga fetus, semua oogonia yang bersifat diploid telah terbentuk dan siap memasuki tahap pembelahan.

Secara umum, dalam tahap awal oogenesis, oogonia mengalami pembelahan secara mitosis dan 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. Oosit sekunder akan membelah menjadi dua sel, satu sel berukuran normal disebut ootid dan yang lain 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. Hasil akhirnya disimpulkan bahwa oogenesis hanya menghasilkan satu ovum

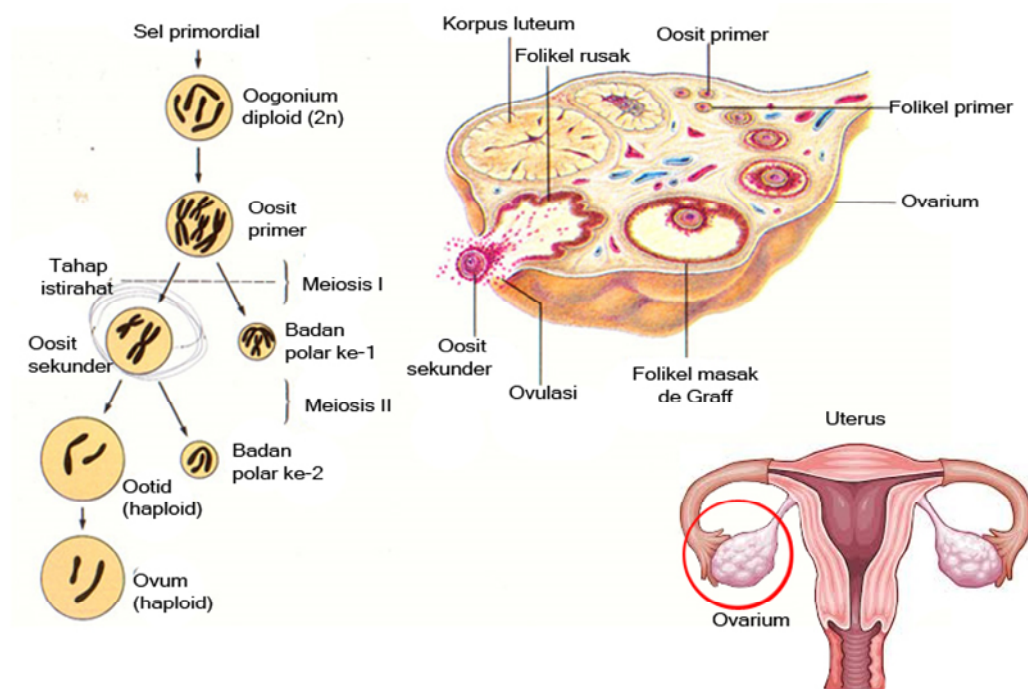
Secara rinci penjelasan perkembangan sel-telur di dalam ovarium adalah sebagai berikut:

1. Sel-Sel Kelamin Primordial/oogonium

Sel-sel kelamin primordial atau oogonium awalnya nampak di dalam ektoderm embrional dari saccus vitellinus, dan bermigrasi ke epitelium germinativum kira-kira pada minggu ke 6 kehidupan intrauteri (dalam kandungan). Tiap oogonium dikelilingi oleh sel-sel pregranulosa yang melindungi dan memberi nutrisi oogonium dan sekaligus membentuk folikel primordial.

2. Folikel Primordial

Folikel primordial yang terbentuk akan bermigrasi ke bagian stroma cortex ovarium dan folikel ini dihasilkan sebanyak 200.000 buah. Sejumlah folikel primordial berupaya berkembang selama kehidupan intrauteri dan selama masa anak-anak, namun tidak satupun mencapai maturasi (masak). Saat pubertas, tiap folikel menyelesaikan proses pemasakan dan disebut folikel de Graaf. Di di folikel de Graff terdapat sel kelamin yang disebut oosit primer.



Gambar 15. Proses pembentukan sel telur (oogenesis)

3. Oosit Primer

Inti (nukleus) dari oosit primer mengandung 23 pasang kromosom ($2n$). Tiap satu pasang kromosom merupakan kromosom menentukan jenis kelamin. Sementara kromosom-kromosom yang lain disebut autosom. Tiap kromosom terdiri dari dua kromatin. Kromatin membawa gen-gen yang disebut DNA.

4. Pembelahan Meiosis Pertama

Pembelahan meiosis terjadi di ovarium pada saat folikel de Graaf mengalami maturasi dan selesai sebelum terjadi ovulasi. Inti oosit atau sel telur akan membelah sehingga kromosom terpisah dan membentuk dua set yang masing-masing mengandung 23 kromosom. Tiap set tetap lebih besar dibanding yang lain karena mengandung seluruh sitoplasma, sel ini disebut oosit sekunder. Sel yang ukurannya lebih kecil disebut badan kutub

atau badan polar pertama. Badan polar primer kadang-kadang dapat membelah diri, namun secara normal akan mengalami degenerasi. Pembelahan meiosis pertama ini menghasilkan kromosom haploid pada oosit sekunder dan badan polar primer. Pertukaran kromatid dan bahan genetiknya juga terjadi dalam proses meiosis ini.

5. Oosit Sekunder

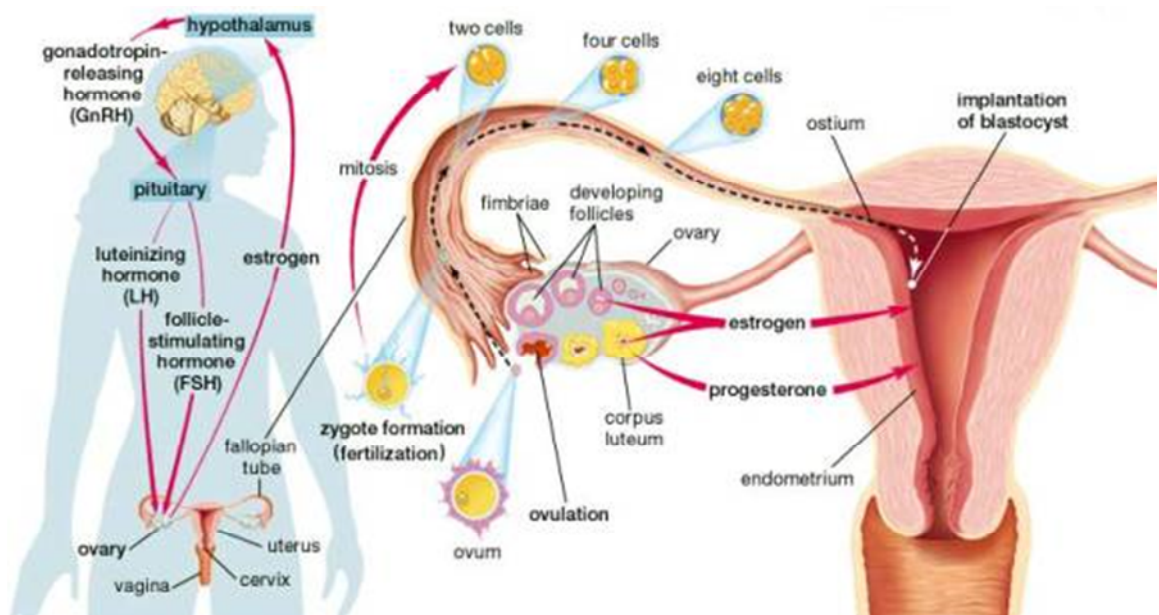
Pada saat pembelahan meiosis kedua, umumnya terjadi apabila ada fertilisasi, yaitu saat kepala spermatozoa menembus zona pellucida oosit. Oosit sekunder kemudian membelah membentuk ootid yang kemudian berdiferensiasi menjadi ovum dan satu badan polar lagi kedua. Sampai tahap ini terbentuk tiga badan polar serta satu ovum masak, baik badan polar dan ovum mengandung bahan genetik yang berbeda. Ketiga badan mengalami degenerasi. Ovum yang masak yang telah mengalami fertilisasi mulai mengalami perkembangan embrional menjadi zigot dan pembelahan lebih lanjut.

D. Pengendalian oogenesis

Seperti halnya spermatogenesis, pengendalian hormonal oogenesis berlangsung karena adanya interaksi antara hipotalamus, pituitary dan ovarium. Beberapa hormon yang berperan dalam proses pembentukan oogenesis diantaranya adalah: gonadotropin releasing hormone (GnRH), follicle stimulating hormone (FSH) dan luteinizing hormone (LH).

Saat usia reproduksi matang terjadi siklus menstruasi oleh adanya aktivitas aksis hipotalamus-hipofisis-ovarium. Organ hipotalamus menghasilkan hormon GnRH yang berperan dalam stimulasi hipofisis untuk mensekresikan hormon FSH dan LH. Baik hormon FSH dan LH akan menyebabkan serangkaian proses di ovarium sehingga memicu disekresikannya hormon estrogen serta progesteron. Hormon LH akan merangsang korpus luteum untuk menghasilkan hormon progesteron dan

merangsang terjadinya ovulasi. Pada masa-masa pubertas, hormon progesteron juga berperan dalam memacu sifat kelamin sekunder. Sementara itu, hormon FSH akan merangsang ovulasi dan memicu folikel untuk membentuk estrogen, memacu perkembangan folikel.



Gambar 16. Pengendalian hormonal oogenesis

Sumber: <http://www.rci.rutgers.edu/~uzwiak/AnatPhys/APSpringLect20.html>

BAB 5. FERTILISASI

Fertilisasi merupakan suatu proses peleburan atau fusi (Syngami) inti sel gamet jantan (Spermatozoon) dengan sel gamet betina (Ovum) membentuk sel tunggal yang dinamakan zigot. Zigot kemudian membelah menjadi dua anakan sel, empat, delapan, enam belas dan seterusnya. Fertilisasi mempunyai nilai penting yaitu untuk mengaktivasi sel telur untuk melanjutkan proses pembelahan sel. Sel telur pada saat diovulasikan, proses pembelahan sel berhenti pada tahap metaphase II meiosis II (pada manusia).

Fertilisasi dapat terjadi secara eksternal yaitu di luar tubuh induk, sementara fertilisasi interna terjadi di dalam tubuh induk. Fertilisasi interna pada umumnya terjadi di dalam oviduct. Setelah mengalami fusi, kemudian akan membentuk zigot. Di dalam proses fusi kedua inti sel gamet, terjadi pula fusi sifat hereditas dari induk jantan dan induk betina. Masing-masing induk membawa sejumlah set kromosom ($22+X$ atau Y) yang kemudian akan melebur menjadi satu kesatuan pewarisan dari masing-masing induk ($44+XX$ atau XY). Proses fertilisasi ini dibedakan menjadi tiga tahapan yaitu tahap aktivasi; penetrasi dan fusi nukleus.

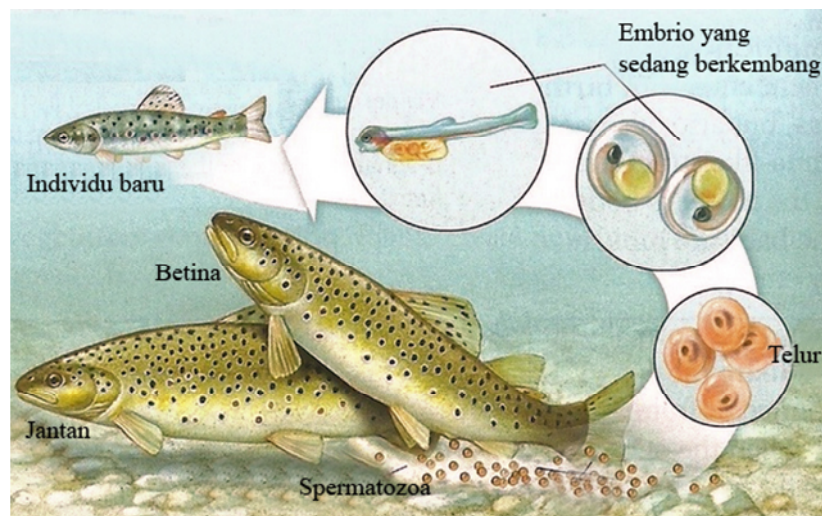
Fertilisasi umumnya bersifat monospermi, yaitu hanya satu inti sperma yang membuahi supaya individu yang terbentuk diploid dan selalu tidak terjadi polispermi atau dari satu inti sperma yang membuahi. Fertilisasi monospermi tersebut disebabkan saat fertilisasi berlangsung terjadi aktivasi granula korteks di dalam sel telur sehingga permeabilitas membran telur berubah. Perbedaan permeabilitas membran akan menyebabkan spermatozoa lain tidak dapat menembus sel telur.

A. Macam Fertilisasi

Fertilisasi dapat dibedakan berdasarkan tempat terjadinya fusi pronuklei antara gamet jantan dan gamet betina., yaitu fertilisasi eksternal

dan fertilisasi internal. Fertilisasi eksternal pada umumnya terjadi di lingkungan akuatik, gamet betina berupa telur dan gamet jantan berupa sperma dibebaskan ke lingkungan air. Setelah sperma mencapai sel telur, proses fertilisasi dapat terjadi. Kebanyakan fertilisasi eksternal terjadi pada saat proses pemijahan, satu atau lebih hewan betina membebaskan sel telurnya dan hewan jantan melepaskan spermanya di lokasi dan waktu yang sama. Pembebasan material reproduksi, gamet jantan dan gamet betina, tersebut kemungkinan dipicu oleh temperatur air atau panjang pendeknya pencahayaan (Fotoperiode).

Pada tipe fertilisasi eksternal, telur yang telah mengalami fertilisasi dan berkembang di dalam air sangatlah rentan terhadap serangan predator, menyebabkan penurunan jumlah keturunan. Oleh sebab itu, sangat masuk akal, bahwa jutaan telur diproduksi oleh hewan betina yang termasuk tipe fertilisasi eksternal. Hal tersebut untuk mempertahankan jumlah keturunan. Keturunan yang dihasilkan dari fertilisasi eksternal juga harus dapat tumbuh dengan cepat.



Gambar 17. Fertilisasi eksternal pada ikan

Fertilisasi eksterna diawali dengan pembebasan telur masak dari betina ke medium air dan kemudian disusul jantan melepaskan spermatozoa. Fertilisasi eksterna terjadi diluar tubuh induk jantan atau betina. Sumber: <http://universe-review.ca/R10-33-anatomy09.h>

Sementara itu tipe fertilisasi internal, umumnya terjadi pada sebagian besar hewan darat, meskipun ada sebagian hewan akuatik yang fertilisasinya terjadi secara internal. Ada tiga tipe hewan dalam menghasilkan keturunan setelah melalui fertilisasi internal: Ovipar, ovovivipar dan vivipar.

Pada hewan ovipar, telur yang telah terfertilisasi internal, kemudian akan berada di luar tubuh induk betina, tumbuh dan menerima nutrisi dari kuning telur (yolk) yang merupakan bagian dari telur. Tipe fertilisasi internal ovipar ini terjadi pada sebagian besar ikan bertulang, beberapa ikan bertulang kartilago, sebagian amfibia, reptil, semua jenis burung, dan sebagian kecil mamal. Reptil dan dan insekta memproduksi telur yang kasar, sementara burung dan kura-kura memproduksi telur dengan kandungan kalsium karbonat yang tinggi pada cangkangnya dan membuat struktur telur menjadi keras.

Hewan ovovivipar, telur yang terfertilisasi tetap berada di dalam induk betina, namun embrio yang berkembang memperoleh nutrisi dari kuning telur. Keturunannya akan berkembang dengan pesat setelah menetas. Hewan-hewan yang termasuk dalam ovovivipar adalah: beberapa ikan bertulang keras seperti ikan guppy (*Lebistes reticulatus*), beberapa jenis hiu, sebagian kadal, beberapa jenis ular seperti ular garter (*Thamnophis sirtalis*), sebagian jenis invertebrata seperti kecoa Madagaskar (*Gromphadorhina portentosa*).

Tipe vivipar, memungkinkan perkembangan telur yang telah terfertilisasi secara internal kemudian berkembang menjadi embrio, zigot, terjadi di dalam tubuh induk betina. Embrio yang berkembang memperoleh nutrisi dari induk betina melalui peredaran darah induk dengan perantara plasenta. Embrio tersebut berkembang di dalam tubuh betina hingga siap lahir. Hewan-hewan yang termasuk ke dalam vivipar

diantaranya adalah sebagian besar mamal, beberapa ikan bertulang kartilago, dan beberapa reptil.

B. Fungsi Fertilisasi

Fertilisasi mempunyai dua fungsi utama, yaitu fungsi reproduksi dan fungsi perkembangan. Fungsi reproduksi memungkinkan perpindahan unsur-unsur genetik dari kedua orang tua atau parentalnya. Sedangkan fungsi perkembangan memungkinkan rangsangan pada sel telur untuk melanjutkan dan menyelesaikan proses pembelahan meiosisnya dan membentuk pronukleus betina yang akan melebur (syngami) dengan pronukleus jantan (berasal dari inti spermatozoa) membentuk zigot. Jika fertilisasi tidak terjadi maka sel telur akan bertahan pada tahap metaphase II dan berdegenerasi tanpa melalui proses selanjutnya.

C. Tempat Fertilisasi

Pada hewan-hewan dengan tipe fertilisasi eksternal, tempat fertilisasi terjadi biasanya dalam medium cairan (air). Sebagai contoh fertilisasi pada katak. Pada saat bereproduksi, katak dewasa akan mencari lingkungan yang berair. Di tempat tersebut, katak akan meletakkan telurnya untuk dibuahi secara eksternal. Telur tersebut kemudian berkembang menjadi larva dan mencari nutrisi yang dibutuhkan dari lingkungannya, kemudian berkembang menjadi dewasa dengan bentuk tubuh yang memungkinkannya hidup di darat.

Sementara itu, hewan-hewan dengan tipe fertilisasi internal, fertilisasi terjadi di bagian oviduct. Peristiwa fertilisasi terjadi pada saat spermatozoa membuahi ovum di oviduct, yang berkembang menjadi zigot. Zigot akan membelah secara mitosis menjadi dua, empat, delapan, enam belas dan seterusnya. Pada saat stadium 32 sel disebut morula, di dalam morula terdapat rongga yang disebut blastosol yang berisi cairan yang

dikeluarkan oleh oviduct, bentuk ini dinamakan blastosit..Blastosit ini bergerak menuju uterus untuk mengadakan implantasi (perlekatan dengan dinding uterus).

D. Tahapan Fertilisasi

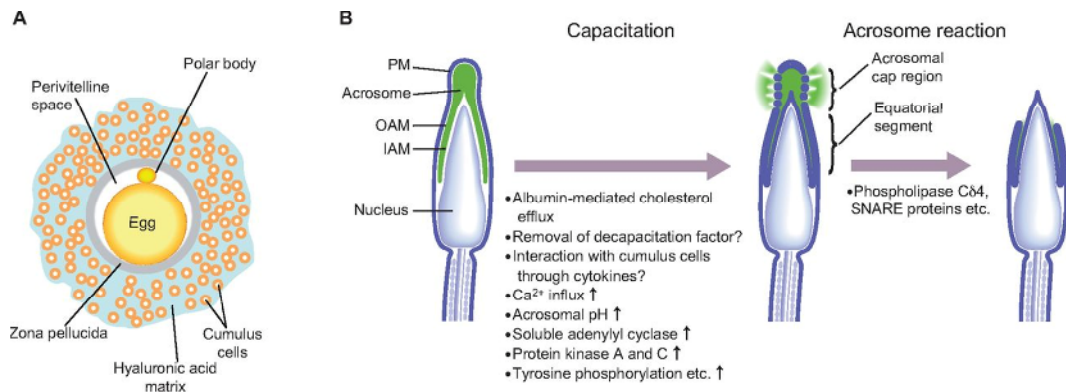
Sebelum fertilisasi dapat berlangsung, harus ada tahapan-tahapan persiapan dari ovum maupun spermatozoa. Setidaknya ada 4 tahapan fertilisasi.

1. Tahap persiapan: kapasitasasi dan reaksi akrosom
2. Tahap pengikatan spermatozoa dengan sel telur
3. Tahap peleburan
4. Reaksi kortikal

1. Tahap kapasitasasi

Ejakulat spermatozoa telah dibuktikan tidak dapat memfertilisasi telur ketika sudah berada di vagina. Studi pada tikus dan kelinci juga menyebutkan bahwa spermatozoa yang tersimpan di saluran reproduksi betina tidak mempunyai kemampuan untuk menembus sel telur. Spermatozoa tersebut harus melewati tahapan pematangan fisiologis spermatozoa yang disebut sebagai kapasitasasi.

Kapasitasi adalah serangkaian proses seluler serta perubahan fisiologi dari spermatozoa agar mempunyai kemampuan untuk membuahi sel telur. Proses kapasitasasi memakan waktu sekitar 5-7 jam. Kapasitasasi biasanya terjadi di bagian uterus dan oviduct dan difasilitasi dengan adanya cairan dari saluran reproduksi betina. Pada tahap kapasitasasi ini terjadi: Peningkatan konsentrasi Ca^{2+} , motilitas spermatozoa meningkat, dan antigen yang berada di permukaan spermatozoa menghilang sehingga memungkinkan spermatozoa lebih reseptif terhadap pengikatan sel telur. Dengan terjadinya kapasitasasi, memungkinkan timbulnya reaksi akrosom.



Gambar 18. Kapasitasi spermatozoa sebelum melakukan fertilisasi
 Sumber: <http://dev.biologists.org/content/140/22/4471/F1.expansion.html>

2. Tahap pengikatan spermatozoa dengan sel telur

Studi mengenai pengikatan spermatozoa dengan sel telur pertama kali dipelajari pada hewan invertebrata, yaitu landak laut. Pada hewan tersebut, kepala spermatozoa terikat secara langsung di bagian permukaan luar sel telur dan memicu terjadinya reaksi akrosome. Reaksi akrosome harus terjadi dulu sebelum spermatozoa dapat melebur dengan sel telur. Pada tahapan ini, spermatozoa akan mengadakan kontak dengan bagian korona radiata sel telur. Isi dari akrosome kepala spermatozoa kemudian dibebaskan dan terjadi keseimbangan Na^+ yang masuk dan H^+ yang keluar, menyebabkan kenaikan pH. Kenaikan nilai pH memicu disosiasi kompleks profilactin (aktin dan profilin) dan pembebasan polimer aktin monomer untuk membentuk filamen yang disebut akrosomal proses. Akrosomal proses kemudian mengadakan penetrasi selubung telur untuk memungkinkan terjadinya fusi membran plasma sel telur dan spermatozoa. Setelah tahapan ini peranan zona pelusida menjadi sangat penting.

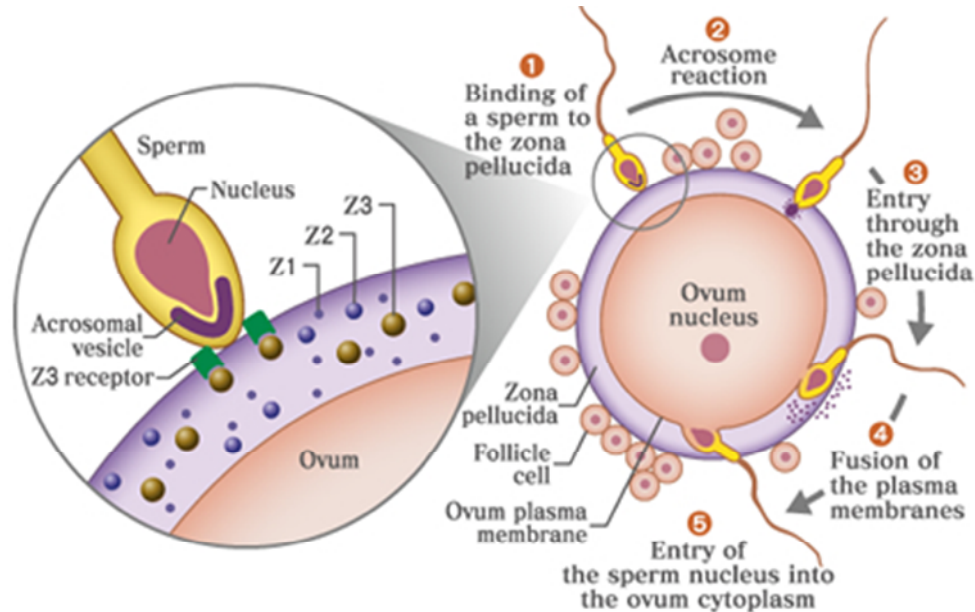
Zona pelusida merupakan filamen dari tiga glikoprotein yang berikatan silang dalam jaringan tiga dimensi. Zona pelusida, sebagai

contoh pada mencit, mempunyai ketebalan 6.2 μm dengan kisaran berat 3.5 ng protein, yang dapat dibedakan lagi menjadi mZP1 (200 kDa); mZP2 (120 kDa); dan mZP3 (83 kDa). Ketiga glikoprotein tersebut merupakan polipeptida yang berikatan dengan molekul gula yang berbeda-beda yaitu kompleks oligosakarida asparagine (N-linked) dan serin atau threonin (O-linked). Glikoprotein mZP2 dan mZP3 membentuk ikatan non kovalen yang membentuk filamen panjang (14-15 nm) tersusun rapat dan dihubungkan dengan ZP1Zona pelusida pada tikus disintesis di oosit yang sedang tumbuh (growing oocytes).

Glikoprotein ZP3 mempunyai peranan sebagai reseptor spermatozoa dengan membentuk ikatan komplemen pada membran kepala spermatozoa. Ikatan tersebut merupakan ikatan primer irreversibel antara sel telur dengan spermatozoa. Protein-protein spermatozoa yang berperan membentuk ikatan primer dengan ZP3 adalah β -1.4 Galactosyltransferase (GalTase), sp56, dan 95 kDa tyrosine kinase (pada mencit), zona reseptor kinase (ZRK), sperm agglutination antigen 1, fertilization antigens, Phospholipase A2 (pada manusia), Zonadhesin dan spermadhesin (ditemukan pada babi), sperm protein 17 (pada kelinci).

Secara molekuler, terjadinya ikatan primer akan merangsang terbukanya kanal ion kalsium yang akan menyebabkan konsentrasi kalsium di dalam spermatozoa meningkat dan memicu eksositosis kandungan akrosom spermatozoa. Sementara itu, protein G juga diaktifkan dan akan menginduksi influx serta eksositosis kalsium. Mekanisme tersebut masih menjadi polemik, karena ada kemungkinan induksi aktivasi resptor kanal kation (sodium, potasium atau kalsium) disebabkan adanya perubahan potensial membran spermatozoa. Di samping itu, kanal kalsium menjadi sensitif oleh adanya perubahan

potensial membran yang menyebabkan kalsium dapat masuk ke spermatozoa.

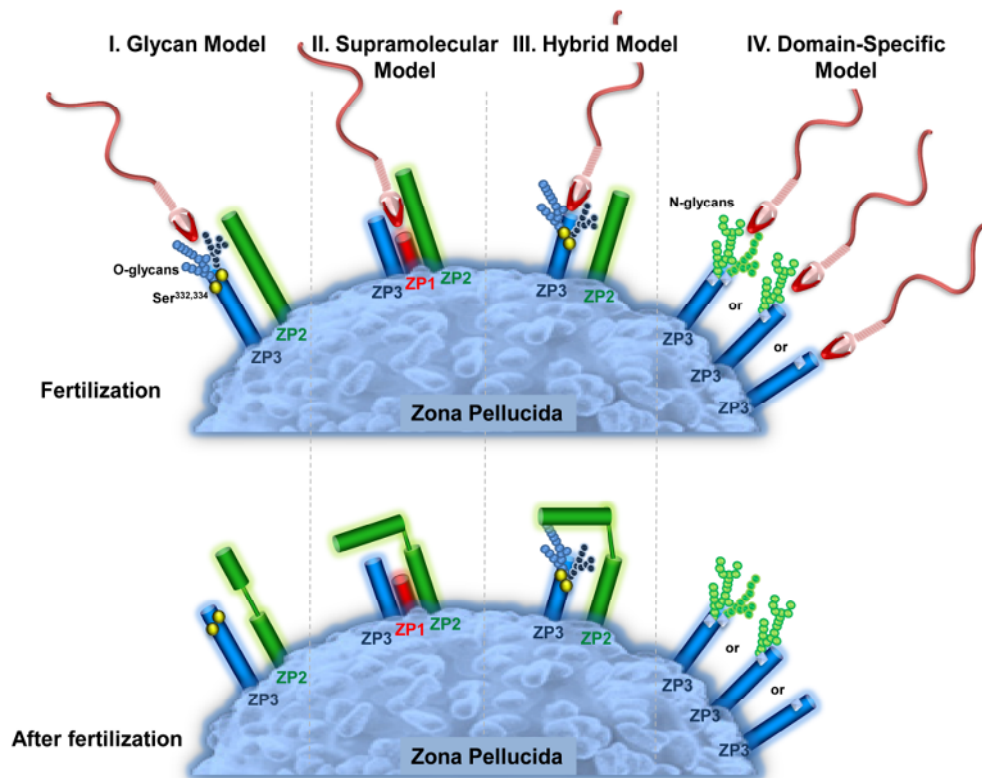


Gambar 19. Tahapan fertilisasi antara spermatozoa dan sel telur
Tahap 1) Pengikatan spermatozoa ke zona pelusida, 2) Terjadi reaksi akrosom, 3) Spermatozoa menembus melewati zona pelusida, 4) Fusi atau peleburan plasma membran, 5) Masuknya nukleus spermatozoa ke dalam sitoplasma sel telur (oosit).

Adanya ikatan primer tersebut juga akan merangsang terjadinya reaksi akrosom. Dengan adanya reaksi akrosom, akan terbentuk ikatan sekunder antara protein-protein membran dalam akrosom dengan ZP2 sebelum spermatozoa menembus zona pelusida. Bagian terluar dari membran plasma akrosome berfusi pada berbagai tempat dan kandungan akrosome dikeluarkan. Selama reaksi akrosom berlangsung di zona pelusida, vesikula akrosom akan mengeluarkan enzim-enzim proteolitik serta enzim-enzim hidrolase yang memungkinkan spermatozoa menembus zona pelusida dan mencapai sel telur.

Dua macam komponen penting dari kandungan akrosome yang dikeluarkan adalah akrosin (Protease serin) dan N-acetylglucoaminidase. Akrosin akan membuat lubang di bagian zona pelusida, sehingga spermatozoa dapat mencapai sel telur. Sementara,

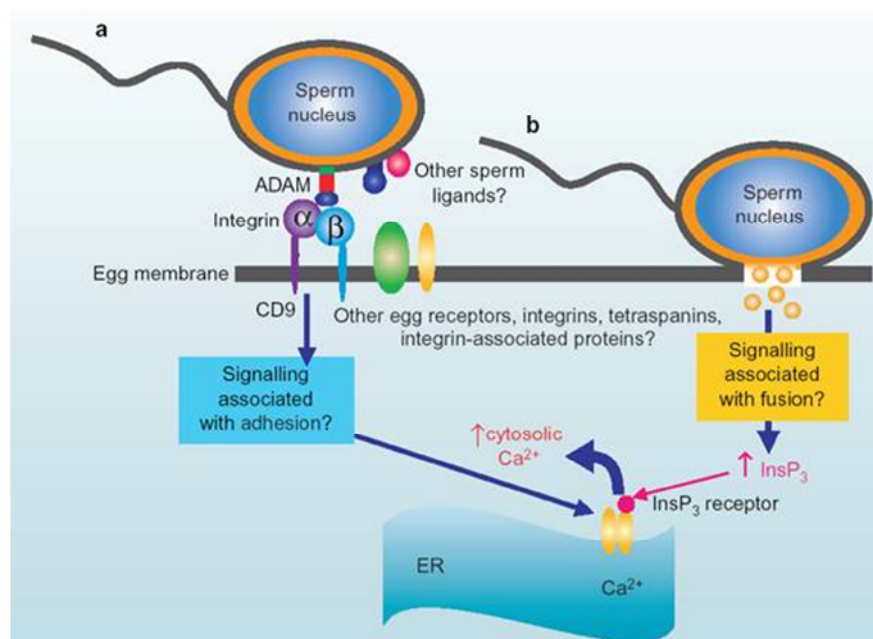
N-acetylglucosaminidase akan menghidrolisis O-linked oligosakarida di ZPGP III untuk memungkinkan spermatozoa terlepas, sebagai akibat fusi membran, permukaan baru ada di spermatozoa (bagian dalam membran akrosome) dan menyebabkan pengikatan baru untuk ZPGP II.



Gambar 20. Reaksi pengikatan pada saat terjadi fertilisasi dan setelah nya
<http://www.intechopen.com/books/binding-protein/more-than-a-simple-lock-and-key-mechanism-unraveling-the-intricacies-of-sperm-zona-pellucida-binding>

pengikatan spermatozoa di bagian zona pelusida telah dibuktikan dengan cara kompetitif assay. Dalam assay tersebut dibuktikan bahwa ada faktor di zona pelusida yang terlibat dalam pengikatan spermatozoa dengan sel telur. Dalam kompetitif assay tersebut spermatozoa diinkubasikan dengan zona pelusida glikoprotein (ZPGPs) yang diisolasi dari telur yang terfertilisasi dan yang tidak terfertilisasi. Hasilnya

menunjukkan bahwa spermatozoa yang diinkubasikan dengan ZPGPs dari telur non fertilisasi tidak dapat membuahi sel telur. Sebaliknya, spermatozoa yang diinkubasi dengan ZPGPs dari telur yang terfertilisasi, spermatozoa mempunyai kemampuan membuahi sel telur. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa isolasi ZPGPs dari telur yang tidak terfertilisasi mengandung sebuah reseptor untuk spermatozoa dan reseptor tersebut mengalami modifikasi setelah terjadi fertilisasi. Penelitian lebih lanjut menyebutkan bahwa ZPGP I, ZPGP II, dan ZPGP III yang dimurnikan memberikan hasil hanya ZPGP III dapat mencegah terjadinya pengikatan spermatozoa ke telur dan ZPGP III tersebut bertindak sebagai reseptor spermatozoa. Reseptor ZPGP III kemudian diperlakukan dengan protein hidrolisat tripsin, N-linked glycoproteins (spesifik glycohydrolase) dan O-linked glycoproteins (basa lemah). Hasilnya, bagian ZPGP III yang bertanggung jawab terhadap pengikatan spermatozoa adalah O-linked glycoproteins.



Gambar 21. Mekanisme pengikatan spermatozoa dengan membran sel telur
<http://www.cella.cn/book/14/01.htm>

3. Tahap peleburan

Fusi atau peleburan dua gamet menginisiasi beberapa reaksi penting di dalam sel telur. Reaksi penting yang terjadi diantaranya berada di membran sel telur. Setelah berlangsung reaksi akrosom, disusul kemudian peleburan atau fusi membran spermatozoa dengan membran sel telur. Peleburan terjadi pada mikrovili yang terdapat di permukaan sel telur tempat keping metafase kedua dan badan polar pertama dengan membran postakrosomal spermatozoa. Senyawa penting seperti fertilin yang terdapat pada membran posterior kepala spermatozoa serta integrin, protein transmembran, yang dijumpai di permukaan membran plasma sel telur, kedua terlibat dalam peleburan membran plasma dan sel telur

4. Reaksi kortikal

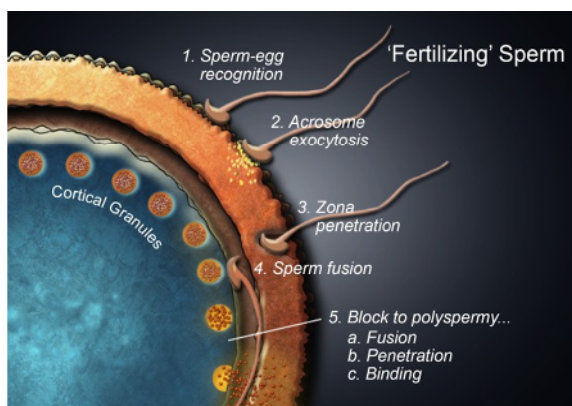
Reaksi kortikal adalah reaksi yang menyebabkan zona pellucida menjadi keras sehingga mencegah spermatozoa lain untuk berikatan dengan zona pellucida dan mencegah terjadinya polispermi. Blokade polispermi ini memungkinkan hanya satu pronukelus gamet jantan yang dapat berfusi dengan pronukleus gamet betina dan menjaga keadaan diploid dari zygote.

Setelah proses peleburan membran spermatozoa dan membran plasma sel telur, inti sel spermatozoa, mitokondria, sentriol serta flagela dapat masuk ke dalam sel telur. Sementara itu badan basal flagela spermatozoa membagi diri dan membentuk dua sentrosom. Membran sel telur akan membentuk lapisan proteksi yang mencegah terjadinya polispermi. Pada umumnya fertilisasi bersifat monospermi, yaitu hanya ada satu spermatozoon yang dapat membuahi sel telur. Setelah masuknya spermatozoa ke dalam sel telur, akan menimbulkan terjadinya reaksi kortek yang menyebabkan spermatozoa lainnya yang terikat ZP3 tidak dapat menerobos masuk ke sel telur. Hal tersebut merupakan mekanisme

pencegahan polispermi. Mekanisme terjadinya polispermi dibedakan menjadi dua, yaitu mekanisme cepat dan mekanisme lambat.

Di dalam mekanisme cepat, terjadi perubahan ion-ion yang menyebabkan: permeabilitas terhadap Na^+ meningkat sehingga menyebabkan depolarisasi membran yang hanya berlangsung beberapa detik, terjadinya influks Ca^{2+} dari defosit intraseluler yang akan menyebabkan perubahan pH karena adanya perbedaan konsentrasi Ca^{2+} , Adanya effluks H^+ dan Influks Na^+ mulai 60 detik menyebabkan peningkatan pH. Kejadian-kejadian tersebut membuat sel telur tidak dapat dipenetrasi kembali oleh spermatozoa yang lain dan akan memicu inisiasi perkembangan sel telur berikutnya.

Sementara di dalam mekanisme lambat, sifatnya permanen dan melibatkan beberapa enzim yang disekresikan oleh granula kortek untuk mengkatalisis zona pelusida dan selanjutnya memblokir secara permanen serta mencegah polispermi. Peristiwa tersebut dinamakan reaksi zona. Adanya kortikal granul (Sebagai contoh pada mencit) yang mengandung enzim N-acetylglucosaminidase pemotong residu gula ZP3 akan melepaskan ikatan spermatozoa dengan zona pelusida dan menghambat masuknya spermatozoa lain. Enzim N-acetylglucosaminidase tersebut memotong ikatan N-acetylglucosaminidase dari rantai gula ZP3. Di lain sisi, enzim protease yang disekresikan oleh kortikal granul akan mencerna ZP2.



Gambar 22. Pencegahan polispermi. Setelah satu spermatozoa berhasil memfertilisasi sel telur maka segera terjadi blokade (Reaksi kortek granula) untuk membran fertilisasi untuk mencegah terjadi polispermi

BAB 6. IMPLANTASI DAN PLASENTA

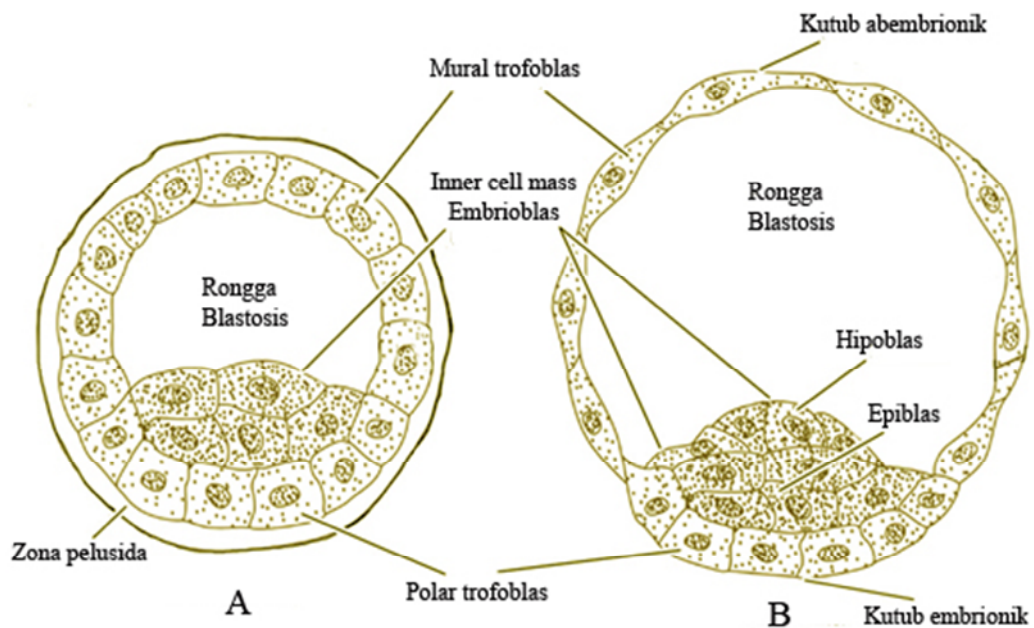
A. Pengertian implantasi

Implantasi atau nidasi, merupakan proses tertanamnya embrio ke dinding endometrium di uterus. Keberhasilan implantasi dipengaruhi oleh sinkronisasi antara kesiapan endometrium induk dengan tahapan embrio yang sedang berkembang. Setelah melalui proses fertilisasi, zigot mamalia yang terbentuk segera mengalami proses pembelahan awal (segmentasi) di dalam oviduk. Hasil pembelahan zigot akan menjadi blastula (=blastosis terdiri dari inner cell mass/embrioblas dan trofoblas) dan akan menuju ke dalam uterus.

Sebelum implantasi terjadi, cairan blastosol banyak mengandung ion kalium dan bikarbonat. Bahan ini berasal dari cairan rahim. Blastosis juga harus mengalami proses hatching (menetas) atau keluar dari selubung zona pelusida. Proses menetas diakibatkan ekspansi blastosis karena enzim-enzim proteolitik yang dihasilkan oleh trofoblast maupun endometrium. Akibatnya zona pelusida semakin menipis, dan akhirnya rusak sehingga memungkinkan embrio keluar dari zona pelusida. Selanjutnya blastosis yang telah menetas akan segera melakukan perlekatan dengan dinding endometrium uterus (hewan implantasi invasive) atau melanjutkan ekspansinya untuk kemudian baru melakukan perlekatan dengan endometrium (hewan implantasi non invasive). Perlekatan terjadi antara sel-sel trofoblast (trofektoderm) blastosis dengan sel-sel epitel endometrium.

Setelah terjadi implantasi, jumlah kalium dan bikarbonat menjadi berkurang, dan sama dengan kadar yang terdapat di dalam serum induk. Namun, kadar protein dan glukosa fosfor serta khlor yang semula rendah menjadi tinggi, dan mencapai kadar seperti di dalam serum induk.

Menurunnya kadar bikarbonat mungkin disebabkan meningkatnya kadar enzim karbonik anhidrase di dalam endometrium uterus. Kadar enzim



Gambar 23. Perubahan morfologi selama "hatching"
A. Sebelum "hatching" B. Setelah "Hatching"

meningkat memicu asam karbonat terurai menjadi CO_2 dan O_2 dan akan dikeluarkan melalui peredaran darah induk. Pelepasan bikarbonat dari blastosis akan mempermudah trofoblas melekat pada selaput lendir rahim, dan memperlancar terjadinya implantasi. Setelah zona pelusida lisis, sel-sel trofoblas langsung berhadapan dengan epitel rahim dan sel-sel tersebut berproliferasi. Pada saat itu blastosis berubah menjadi semacam gelembung, ukuran panjangnya dapat mencapai beberapa sentimeter dan cakram embrio berupa suatu penebalan di bagian tengah gelembung tersebut.

Perjalanan menuju ke uterus tiap hewan bervariasi, sebagai contoh pada manusia, perjalanan zigot yang berkembang di dalam oviduk adalah sekitar 5 hari. Setelah berada di uterus, awalnya blastosis terapung-apung di dalam lumen uterus. Selanjutnya, 6-7 hari setelah fertilisasi embrio

mengadakan ikatan dengan dinding endometrium uterus untuk dapat berkembang ke tahap selanjutnya. Peristiwa terpautnya embrio pada endometrium uterus induk dikenal dengan implantasi (nidasi).

Bagian yang bersinggungan pertama kali dengan dinding endometrium uterus adalah kutub animal (kutub embrionik), yaitu kutub tempat inner cell mass. Sementara sel-sel trofoblas akan mensekresikan enzim-enzim proteolitik yang akan melisiskan epitelium uterus sebagai jalan untuk berpenetrasinya embrio masuk ke endometrium. Trofoblas kemudian akan bertransformasi menjadi dua lapisan, yaitu sitotrofoblas dan sinsitiotrofoblas. Implantasi pada manusia pada tahap ini telah lengkap, yaitu seluruh embrio tertanam di dalam endometrium uterus, 12 hari setelah fertilisasi.

Sementara implantasi berlangsung, sel-sel endometrium uterus mengalami perubahan struktur dan fungsi, menjadi lebih besar, banyak mengandung glikogen dan lipid. Sel-sel stroma endometrium berubah menjadi sel-sel desidua. Dapat dibedakan 3 daerah desidua, yaitu:

1. Desidua basalis: yaitu desidua yang secara langsung ditanami embrio (tempat tertanamnya embrio)
2. Desidua kapsularis: yaitu desidua yang menlingkupi embrio dan turut meregang sesuai dengan membesarnya embrio
3. Desidua parietalis: yaitu desidua yang letaknya berseberangan dengan tempat tertanamnya embrio.

Desidua berarti mengelupas. Ketika individu baru dilahirkan, ketiga macam desidua akan mengelupas dan dikeluarkan bersama plasenta. Sejalan dengan makin membesarnya embrio, amnion mendesak desidua kapsularis, sehingga desidua ini akan bertemu dengan desidua parietalis dan lumen uterus menjadi sempit.

B. Macam implantasi

Secara umum, tipe implantasi dapat dibedakan berdasarkan ada atau tidaknya kerusakan pada jaringan endometrium induk. Hewan-hewan dengan tipe implantasi invasive, dinding uterus di daerah terjadinya implantasi mengalami peningkatan vaskularisasi serta perubahan komposisi matriks interseluler, perubahan morfologi sel-sel stromanya serta peningkatan pertumbuhan kapiler-kapiler pembuluh darah. Reaksi yang terjadi tersebut dikenal sebagai reaksi desidualisasi primer. Sekitar 2-3 hari proses desidualisasi semakin meluas (reaksi desidualisasi sekunder) untuk mempersiapkan endometrium sebagai bagian dari plasenta. Setelah beberapa jam terjadi perlekatan, permukaan epitel endometrium di daerah perlekatan akan mengalami erosi. Juluran trofoblas menyelinap di antara sel-sel epitel dan akan mencernanya. Beberapa sel-sel trofoblas akan menyatu membentuk hubungan (sinsitiotrofoblas), sedangkan yang lain tetap mempertahankan keutuhan selnya atau disebut sitotrofoblas. Sel-sel sitotrofoblas bertindak sebagai sumber proliferasi sel-sel trofoblas, namun sebaliknya sel-sel sinsitiotrofoblas tidak dapat berproliferasi tetapi hanya dihasilkan dari sel-sel sitotrofoblas yang menyatu. Jaringan kelenjar uterus dan jaringan desidua di sekitar trofoblas embrio yang sedang implan mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut menyebabkan dikeluarkannya bahan-bahan metabolit (lemak, karbohidrat, asam nukleat dan protein) sebagai sumber nutrisi untuk embrio yang sedang implantasi tersebut. Pada embrio tipe implantasi invasive ini, lama embrio bebas di dalam lumen uterus relatif singkat serta diperlukan proses desidualisasi yang optimal pada saat embrio melakukan perlekatan ke dinding rahim induk.

Pada hewan dengan tipe implantasi non invasive, nutrisi untuk embrio selama proses implantasi disediakan oleh sekresi kelenjar uterus. Dengan adanya perlekatan yang lebih lambat dan penambahan uluran

blastosis (dalam hal ini trofoblasnya) yang relatif besar akan memungkinkan peningkatan luas permukaan pertukaran metabolit dengan sekresi kelenjar uterus tersebut terjadi. Luasnya permukaan trofoblas ini juga memungkinkan perlekatan yang lebih ekstensif dengan permukaan uterus selama proses implantasi.

C. Tipe implantasi

Berdasarkan kedalaman, proses implantasi

1. Superfisial: embrio menempel pada permukaan epitel endometrium. Contoh hewan kambing, babi, sapi, kuda.
2. Eksentrik: embrio menembus sedikit lebih dalam ke dalam endometrium uterus. Misalnya: pada anjing, kucing, tikus.
3. Interstitial: embrio meng"erosi" (menggerogoti) endometrium uterus dan akhirnya seluruh embrio tertanam di dalam endometrium. Contoh pada manusia, simpanse, marmot.

Berdasarkan kedalaman proses implantasi bisa kita bedakan atas tiga yaitu implantasi interstitial/profundal, eksentrik dan superfisialisentral. Implantasi profundal dan eksentrik terjadi pada hewan-hewan dengan proses inplantasi secara invasive sedangkan implantasi superfisial terjadi pada hewan-hewan dengan proses implantasi secara non invasive. Implantasi interstitial terjadi pada manusia, sipanse dan marmut dimana invasi embrio merusak jaringan 'stroma uterus sedemikian dalam kemu dianembrio masuk kedalam stroma dan permukaan uterus akan menutup daerah bekas masuknya embrio. Pada implantasi eksentrik seperti pada monyet resus, anjing, kucing dan tikus, kerusakan stroma terjadi hanya sebagian dan embrio yang berkembang masih berhubungan dengan lumen uterus. Pada implantasi superfisial seperti pada kuda, babi,sapi, domba dan kambing, perlekatan hanya terjadi pada permukaan uterus dan relatif tidak terjadi.

C. Placenta

Plasenta merupakan struktur khas pada mamalia yang perkembangan embrionya terjadi di dalam uterus (intra-uterin). Plasenta adalah kesatuan struktur dan hubungan antara selaput ekstraembrionik fetus (dalam hal ini korion atau korioalantois) dengan endometrium induk. Plasenta merupakan sistem dua komponen, yaitu selaput ekstra embrionik dan selaput lendir rahim yang berintegrasi menjadi satu kesatuan untuk keperluan pertukaran timbal balik faali antara induk dan fetus. Pada manusia, jaringan induk yang ikut serta dalam pembentukan plasenta adalah endometrium uterus bagian desidua basalis. Pada manusia pembentukan plasenta dimulai pada minggu pertama kehamilan dan berkembang terus hingga kehamilan berumur sekitar 8 bulan. Sebelum plasenta terbentuk atau berfungsi secara sempurna, embrio mendapat sumber nutrisi dan metabolit untuk perkembangan dari sekresi kelenjar uterus atau sekret dari jaringan desidua. Sumber nutrisi tersebut dikenal sebagai histotrof. Setelah terbentuk plasenta, sumber nutrisi akan digantikan secara bertahap dari histotrof ke hemotrof (sumber nutrisi yang berasal dari darah induk).

Secara umum, plasenta mempunyai fungsi:

1. Sarana selektif bagi pertukaran nutrisi, gas, hormon dan senyawa metabolit lainnya antara fetus dengan induk.
2. Organ endokrin (penghasil hormon) yang penting selama kebuntingan.
3. Pencegah (barrier) bagi percampuran langsung antara darah fetus dengan darah induk.
4. Imunologi yaitu untuk penyaluran komponen antibodi ke embrio yang berkembang
5. Farmakologi, untuk transportasi obat-obatan atau senyawa lain yang dibutuhkan oleh embrio dari induknya

Sebagai kelenjar endokrin, plasenta menskresikan hormon-hormon penting selama kebuntingan, yaitu:

1. Korionik gonadotropin. Dihasilkan oleh sel-sel sinsitiotrofoblas yang menyusun korion. Hormon ini mempunyai fungsi mempertahankan korpus luteum dalam ovarium untuk menghasilkan progesteron serta merangsang plasenta untuk menghasilkan progesteron. Hormon Korionik gonadotropin pada manusia (HCG = Human Chorionic Gonadotropin) mulai disintesis 2 minggu setelah fertilisasi dan mencapai puncaknya pada bulan ke-3 kehamilan. Keberadaan hormon inilah dalam urin merupakan dasar tes kehamilan.
2. Progesteron. Hormon progesteron berguna untuk memelihara endometrium uterus tetap tebal (tidak luruh) dan kaya pembuluh darah. Pada manusia, progesteron mulai disintesis oleh plasenta pada minggu ke-4 setelah implantasi dan akan turun produksinya menjelang kelahiran.
3. Estrogen. Hormon estrogen mulai disekresikan oleh plasenta minggu ke-4 setelah implantasi, selain juga dihasilkan oleh kelenjar adrenal fetus. Estrogen berfungsi untuk memelihara kehamilan. Produksi estrogen terus meningkat hingga menjelang kelahiran bayi.
4. Korionik somatotropin. Nama lain hormon korionik somatotropin adalah plasental laktogen. Hormon ini berfungsi untuk merangsang perkembangan kelenjar susu. Pada manusia, hormon ini disebut HCS (Human Chorionic Somatotropin) atau HPL (Human Placental Lactogen).

D. Pembentukan plasenta

Pembentukan plasenta meliputi pertambahan vili khorion, ruangan antara vili dan desidua basali. Vili terdiri dari selapis sel-sel epitel yang

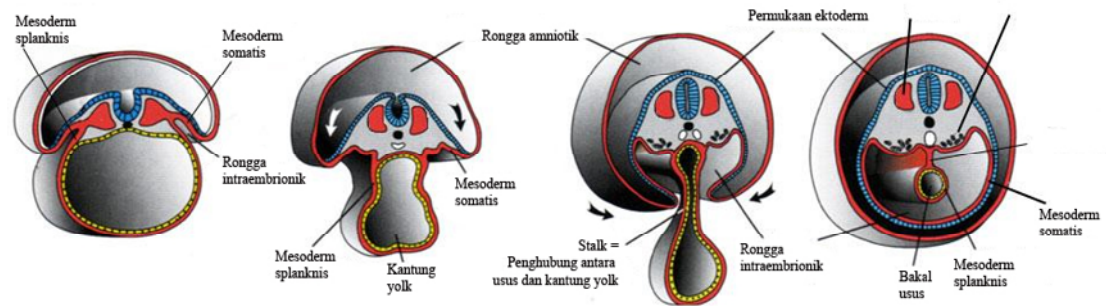
menjulang ke dalam selaput lendir uterus. Mula-mula dibentuk oleh vili primer kemudian vili tersebut mengadakan percabangan membentuk vili sekunder. Pada manusia, vili sudah dibentuk pada hari ketiga masa kehamilan. Vili tersebut menyebar di seluruh permukaan khorion, namun dengan berkembangnya khorion akhirnya vili menjadi tidak merata penyebarannya dan pada bulan keempat masa kehamilan hampir sebagian khorion tidak bervili lagi. Khorion tidak bervili disebut khorion halus (smooth chorion) dan khorion bervili disebut khorion frondosum. Dengan berkembangnya plasenta, pola pengambilan bahan makanan dari induk berubah dari histotropik menjadi hemotropik.

E. Selaput ekstra embrionik

Selaput embrionik terbentuk selama perkembangan embrio. Selaput tersebut berasal dari luar embrio namun berada di luar embrio dan bukan merupakan bagian dari embrio. Keberadaan selaput ekstra embrionik, meskipun tidak menjadi bagian dari perkembangan embrio selanjutnya, akan tetap mempunyai arti penting bagi perkembangan embrio itu sendiri.

Secara umum selaput ekstra embrionik berfungsi sebagai mediator pertukaran zat-zat serta perlindungan bagi embrio. Sebagai contoh pada hewan reptil dan kelompok unggas, selaput ekstra embrionik berfungsi sebagai proteksi di sebelah dalam, di samping kerabang telur di sisi luarnya. Sementara pada mamalia, selaput ekstra embrionik akan membentuk plasenta bersama-sama dengan bagian endometrium induk.

Ada empat macam selaput ekstra embrionik yang terbentuk dari dua lapis benih yaitu ektoderm dengan mesoderm somatis (somatopleura) untuk amnion dan khorion, sedangkan kantung kuning telur serta alantois, terbentuk dari endoderm dan mesoderm splanknis (Splanchnopleura). Berikut penjelasan keempat selaput ekstra embrionik.



Gambar 24. Pembentukan kantung yolk

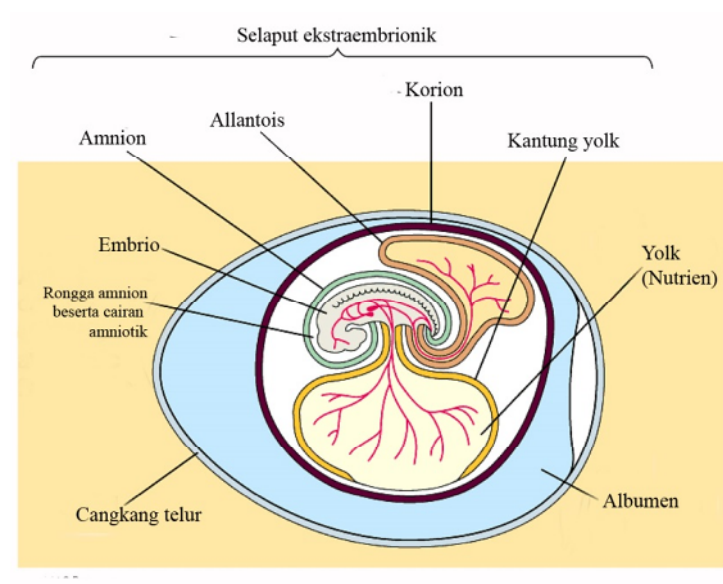
Sumber: <https://sites.google.com/site/mrcsmakerevisioncrazilysimple/anatomy/embryology>

1. Kantung Kuning Telur

Selaput ekstraembrionik ini merupakan selaput yang menyelubungi kuning telur. Berkembang baik pada kelompok unggas namun kurang berkembang pada mamalia. Pada kelompok unggas yang mempunyai sel telurnya dengan jumlah kuning telur banyak (Polilesital), kuning telur tersebut diperlukan sebagai sumber nutrisi selama embrio berkembang. Selaput atau kantung kuning tersebut terbentuk karena adanya lipatan splanknopleura ke arah ventral untuk membentuk usus primitif dan sisa lipatan splanknopleura ini kemudian akan menyelubungi kuning telur. Batas perkembangan selaput kuning telur ditandai oleh adanya pembuluh darah sirkuler yang dapat mulai dikenali pada embrio ayam umur 33 jam setelah inkubasi. Kuning telur selanjutnya akan tertutup oleh kantung kuning telur setelah umur 6 hari inkubasi.

Kantung kuning telur mempunyai hubungan erat dengan usus primitif atau usus tengah (midgut) melalui suatu penyempitan yang disebut tangkai kantung kuning telur (Stalk). Dilihat dari strukturnya, selaput kuning telur ini bervaskuler dengan adanya pembuluh arteri dan vena vitelin yang berkembang dari mesoderm splanknis. Fungsi dari selaput kuning telur ini untuk penyerapan kuning telur yang difasilitasi

oleh vena vitelin yang mengarah ke embrio melewati tangkai kuning telur. Sementara perkembangan selaput kuning telur sendiri disokong oleh darah dari arteri vitelin yang keluar dari tubuh embrio menuju kantung kuning telur. Dalam perkembangan lebih lanjut, kantung kuning telur (misal pada ayam) ini kemudian akan mengecil pada hari ke 19 inkubasi, saat menjelang menetas. Kantung kuning telur akan mengecil dan tertarik ke rongga perut dan sisa kuning telur yang ada akan terserap seluruhnya kurang lebih 6 hari sebelum ayam menetas.

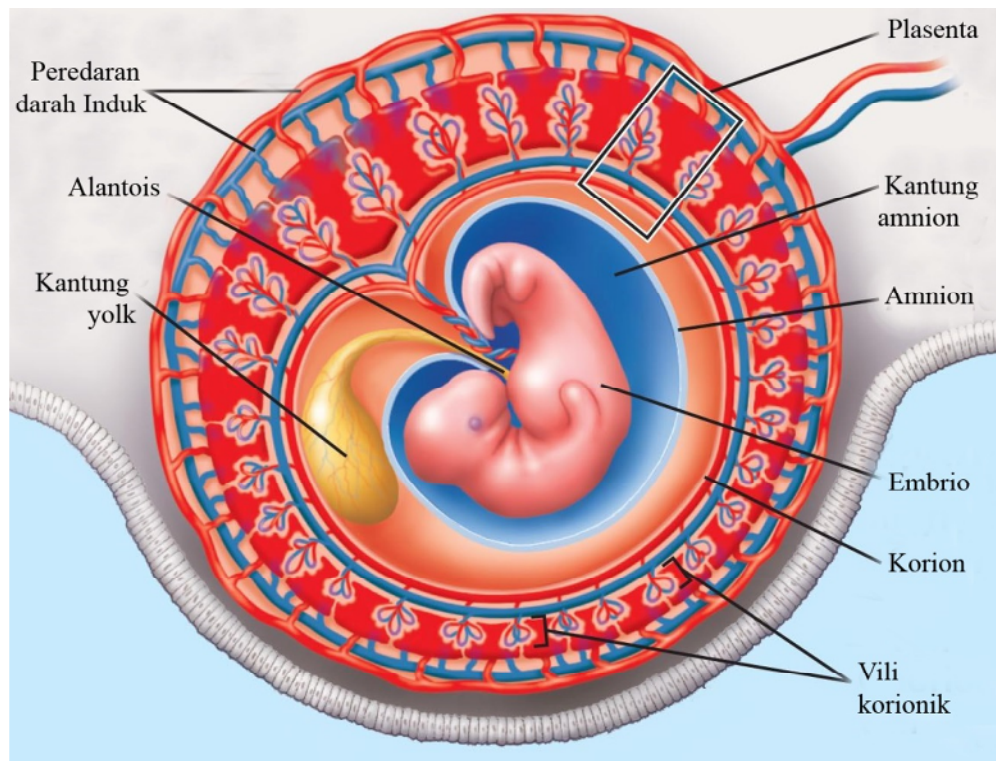


Gambar 25. Selaput ekstraembrionik pada ayam

Sumber: <https://www.studyblue.com/notes/note/n/zoology-lecture-exam-3-2013/deck/6087926>

Beda dengan kelompok unggas, selaput kuning telur pada mamalia hanya bersifat sementara. Sel telur mamalia mempunyai jumlah kuning telur yang relatif sedikit (oligolesital) sehingga fungsi kuning telur sebagai sumber nutrisi selanjutnya akan digantikan oleh peredaran darah induk yang mengandung zat-zat penting bagi perkembangan embrio melalui plasenta. Kantung kuning telur pada mamalia berkembang di awal perkembangan embrional, kemudian akan mengecil dan menjadi bagian dari umbilikal atau tali pusar. Kantung kuning telur pada mamalia awal

perkembangannya juga berfungsi sebagai hematopoiesis (pembentuk sel-sel darah) dan pada beberapa spesies lain berfungsi sebagai cikal bakal sel gamet primordial.



Gambar 26. Selaput ekstraembrionik pada mamalia.

Sumber: <https://www.studyblue.com/notes/note/n/chap-18-reveiw/deck/5124076>

2. Amnion

Selaput ekstraembrionik ini menyelubungi embrio dan berisi cairan amnion di dalamnya. Dengan adanya cairan amnion di dalamnya, akan membuat embrio mengambang di dalam cairan amnion tersebut, dan melindungi serta memungkinkan pergerakan dari tubuh dan tungkai embrio. Cairan amnion tersebut berasal dari ginjal fetus, kelenjar mulut dan alat pernafasan.

Kelompok hewan yang mempunyai selaput atau kantong amnion ini dikelompokkan dalam hewan amniota, sebagai contoh reptil, aves dan mamal. Sedikit berbeda pada hewan anamniota, yaitu hewan yang tidak punya kantung amnion, seperti pada ikan dan amfibi, embrio hewan anamniota memang sudah berkembang berada dalam medium air.

Pada kelompok unggas, terbentuknya amnion karena adanya pelipatan somatopleura daerah kepala menuju ke dorsokaudal, daerah ekor menuju dorsokranial, serta daerah dinding lateral menuju dorsomedial. Pada daerah dorsal pelipatan akan membentuk persatuan dan membentuk mesamnion (Chorion raphe). Chorion raphe ini pada ayam bersifat menetap. Perkembangan selanjutnya, somatopleura sebelah dalam disebut amnion dan sebelah luar disebut korion. Antara amnion dan korion dipisahkan oleh ruang ekstraembrionik (Extraembryonic coelom).

Di kelompok mamalia yang mempunyai tipe implantasi non invasif, pembentukan amnion serta korion mirip pada unggas. Sementara mamalia dengan tipe implantasi invasif, misal manusia dan rodensia, pembentukan amnion terjadi karena peronggaan dari inner cell mass (ICM) saat proses gastrulasi berlangsung.

3. Korion

Selaput ekstraembrionik ini merupakan selaput yang berada paling luar. Korion pada kelompok unggas, menempel pada selaput kerabang sebelah dalam setelah 7-8 hari masa inkubasi. Selaput ini bersama dengan alantois mempunyai peranan dalam pertukaran gas dan air. Pada kelompok mamalia, korion berhubungan dengan endometrium dan bersama-sama membentuk plasenta. Korion pada mamalia mempunyai

vili-vili yang berperan memperluas daerah permukaan korion sebagai perlekatan dengan endometrium serta merupakan struktur yang bervaskuler karena fungsinya sebagai pertukaran darah dengan induk.

4. Alantois

Selaput alantois merupakan selaput yang terbentuk dari tonjolan dinding usus belakang (hindgut) yang menyerupai kantung. Pada kelompok unggas dan mamalia (Kecuali manusia), alantois berkembang dan mengisi ruang ekstraembrionik serta bagian luarnya menyatu dengan korion sehingga membentuk korioalantois. Pada unggas alantois mulanya berbentuk kantong kecil di sisi kanan embrio setelah 3 hari masa inkubasi dan memnuhi ruang ekstraembrionik (Ruangan antara amnion dan korion) 10 hari setelah masa inkubasi.

Korioalantois merupakan kantung vaskuler, banyak pembuluh darah alantois yang berkembang dari mesoderm splanchnic alantois. Adanya pembuluh darah tersebut memfasilitasi korioalantois dalam pertukaran gas oksigen dan karbondioksida pada selaput kerabang. Fungsi lain dari alantois adalah untuk penampungan ekskresi urin embrio.

Pada perkembangan embrio manusia, selaput ekstraembrionik alantois tidak berkembang dengan baik seperti mamalia pada umumnya. Alantois mirip dengan kantong yolk, bersifat rudimenter dan akan menjadi bagian dari umbilikus (tali pusat).

E. Jenis-jenis plasenta

Plasenta merupakan struktur yang cukup mempunyai banyak variasi antar spesies. Berdasarkan morfologi makroskopisnya serta daerah perlekatan korion dengan endometrium, plasenta dapat dibedakan menjadi empat tipe, yaitu :

1. Plasenta difusa

Plasenta tipe difusa mempunyai vili-vili korion yang halus dan menyebar merata. Daerah perlekatan korion dengan endometrium terdapat pada seluruh permukaan korion. Contoh hewan yang mempunyai plasenta jenis ini adalah kuda dan babi.

2. Plasenta Kotiledonaria.

Plasenta tipe kotiledonaria mempunyai vili-vili korion tidak menyebar merata namun mengelompok pada daerah yang terpisah-pisah disebut sebagai kotiledon. Bagian korion (kotiledon) inilah yang akan berlekatan dengan karunkula dan disebut plasentom. Contoh hewan yang mempunyai plasenta tipe kotiledonaria adalah hewan jenis ruminansia.

3. Plasenta Zonaria.

Plasenta tipe zonaria mempunyai ciri-ciri adanya pengelompokan vili-vili korion yang terdapat pada sepertiga daerah tengah korion seperti bentuk pita (handuk) yang menyelubungi permukaan korion. Perlekatan terjadi pada daerah tersebut. Contoh hewan yang mempunyai plasenta zonaria adalah hewan kelompok karnivora.

4. Plasenta Tipe Diskoidal

Plasenta tipe diskoidal ditandai dengan adanya pengelompokan vili-vili korion yang membentuk daerah seperti cakram (disc). Sementara perlekatan korion dengan endometrium terjadi pada daerah cakram tersebut. Plasenta diskoidal tunggal dijumpai pada manusia sedangkan plasenta diskoidal ganda dijumpai pada monyet.

Berdasarkan tebal tipisnya barier plasenta, plasenta dapat dibedakan menjadi empat macam plasenta, yaitu:

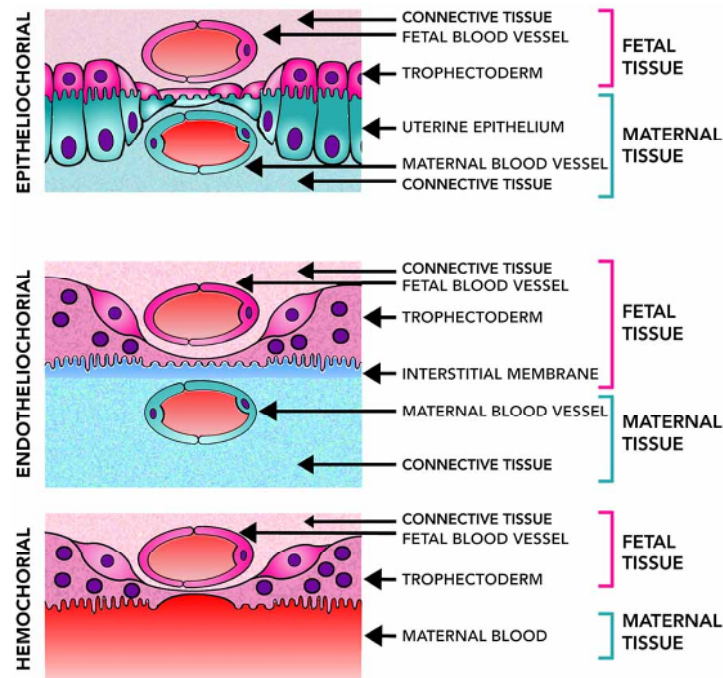
1. Plasenta epiteliokorial
2. Plasenta endoteliokorial
3. Plasenta hemokorial
4. Plasenta sindesmokorial

Placenta epitelokorial mempunyai ciri dinding endometrium induk tidak mengalami peluruhan sehingga epitel endometrium induk berikatan langsung dengan korion fetus, dengan kata lain tidak ada jaringan dari pihak induk maupun pihak embrio yang mengalami kerusakan, barrier plasenta paling tebal. Contoh hewan dengan plasenta epitelokorial adalah kuda dan babi.

Plasenta endotelokorial, mempunyai ciri epitel maupun jaringan penunjang endometrium induk mengalami peluruhan saat implantasi sehingga endotel (dinding) pembuluh darah induk langsung berlekatan dengan korion fetus, : jaringan epitel uterus dan jaringan ikat sekeliling pembuluh darah induk mengalami kerusakan. Contoh hewan berplasenta endotelokorial adalah jenis karnivora seperti kucing , anjing, harimau.

Hewan yang berplasenta hemokorial, selain epitel dan jaringan penunjang endometrium, endotel pembuluh darah induk mengalami kerusakan sehingga darah keluar dari pembuluh darah dan membuat lakuna-lakuna darah, barrier plasenta paling tipis Plasenta tipe hemokorial menyebabkan darah induk langsung berhubungan dengan korion. Contoh hewan berplasenta hemokorial adalah manusia, kera, dan rodensia.

Sementara plasenta sindesmokorial ditandai dengan meluruhnya sebagian epitel endometrium induk saat implantasi dan menyebabkan jaringan penunjang endometrium berlekatan dengan korion fetus. Contoh hewan berplasenta sindesmokorial adalah kelompok ruminansia seperti sapi dan kerbau.



Gambar 27. Tipe plasenta berdasarkan tebal tipisnya barier (Montiel et all, 2013)

Tabel 2. Tipe-tipe plasenta dan keadaan jaringan penyusun barier plasenta.

Tipe plasenta	Jaringan induk	Jaringan embrio			
			J. epitel	J. ikat	J. endotel
Jaringan endotel	Jaringan ikat	Jaringan epitel			
Epiteliokorial	+	+	+	+	+
Sindesmokorial	+	+	0	+	+
Endoteliokorial	+	0	0	+	+
Hemokorial	0	0	0	+	+

Keterangan: 0 = mengalami kerusakan

Plasenta dapat pula dibedakan berdasarkan luruh dan tidaknya jaringan endometrium induk saat implantasi atau partus atau kokoh dan tidaknya pertautan antara jaringan embrio dan jaringan induk. Berdasarkan kriteria tersebut plasenta dapat dibedakan menjadi:

1. Plasenta adesiduata (a=tidak, decidius=luruh), pertautan tidak kokoh. Contoh kuda dan babi.

2. Plasenta semi desidua, dengan pertautan yang agak kokoh. Contoh pada ruminansia.
3. Plasenta desidua. Pertautan kokoh, keluarnya plasenta yang menyertai kelahiran akan disertai dengan luruhnya desidua dan terjadi pendarahan. Contoh pada hewan karnivora, rodensia dan primata.

Berdasarkan pertautan selaput ekstraembrionik dengan jaringan induk, plasenta dibedakan menjadi dua tipe, yaitu:

1. Plasenta korio-vitelin: merupakan tipe plasenta sederhana, dibentuk gabungan dari unsur kantung yolk dan korion yang terletak di antara pembuluh-pembuluh darah kantung yolk serta epitel uterus induk. Contoh hewan dengan tipe plasenta korio-vitelin adalah marsupialia (hewan berkantung) dari genus *Didelphys* dan *Macropus*.
2. Plasenta korio-alantois: Tipe plasenta ini berasal dari unsur embrio yaitu selaput korion dan selaput alantois yang berbatasan. Mesoderm alantois membentuk pembuluh darah pada villi korion dan pada tali pusat. Contoh hewan dengan tipe plasenta korio-alantois adalah eutheria (golongan mamalia yang memiliki plasenta sejati, termasuk manusia dan sebagian besar mamalia lainnya) serta marsupialia dari genus *Peromyscus* dan *Dasyurus*.

F. Sirkulasi placenta

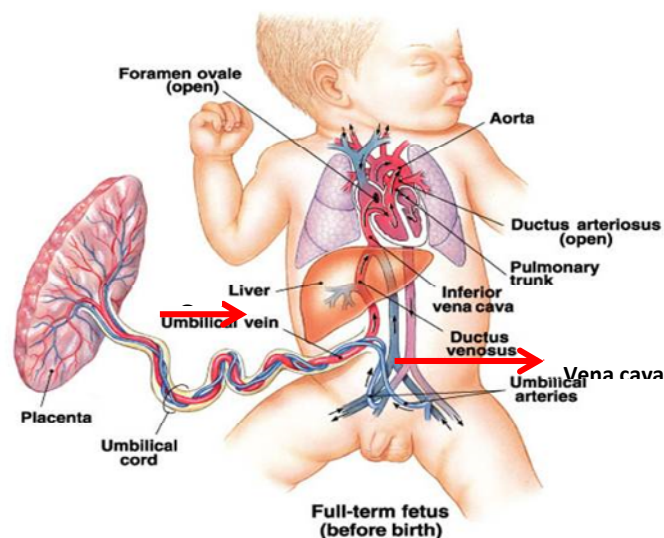
Sirkulasi darah plasenta mempunyai jalur tersendiri. Selama dalam perkembangan embrio, organ-organ respirasi, peredaran darah, serta fungsi-fungsi pertukaran gas, ekskresi dari embrio atau fetus belum berfungsi penuh. Darah mengalir dari plasenta ke embrio yang berkembang melalui vena umbilikal yang terdapat pada umbilikus (tali pusat). Pada manusia darah yang mengalir melalui umbilikus ini sekitar 125 mL/Kg/bb per menit atau 500 mL per menit. Sirkulasi darah fetus

berjalan paralel, artinya sirkulasi paru dan sirkulasi sistemik berjalan sendiri-sendiri. Dalam sirkulasi darah fetus terdapat keistimewaan, yaitu oksigen dan zat makanan yang dibutuhkan janin diambil dari darah ibu melalui plasenta.

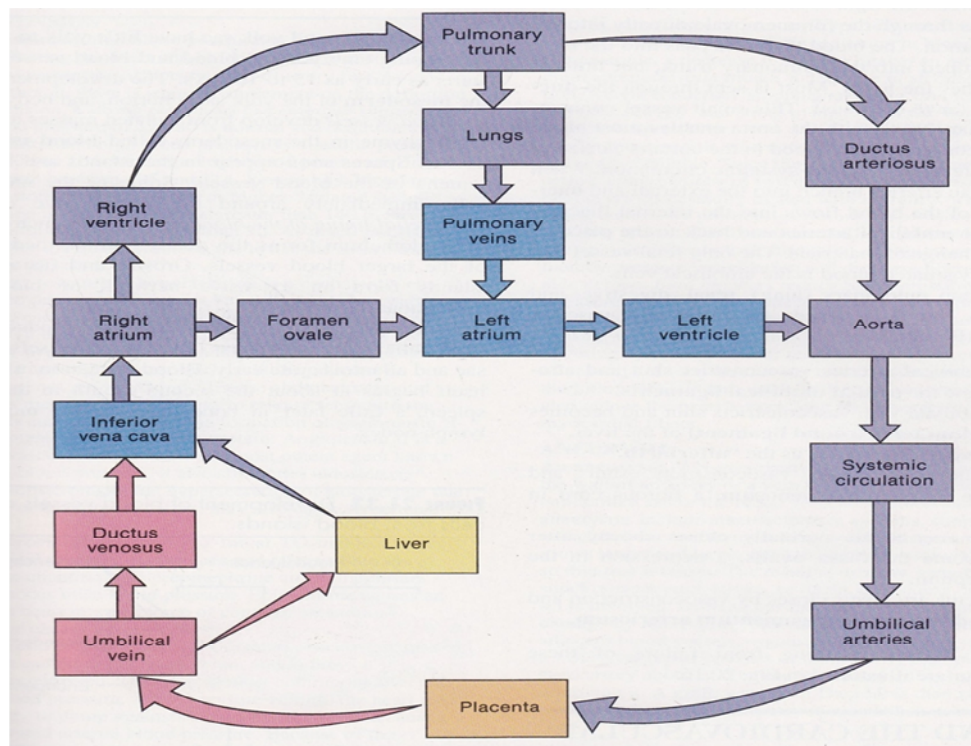
Berikut ini hal-hal penting mengenai peredaran darah fetus melalui plasenta:

1. Sistem sirkulasi darah janin meliputi Vena umbilikalis, Duktus venosus arantii, Foramen Ovale, Duktus arteriosus botalli, dan Arteri Umbilikalis.
2. Vena umbilikalis yaitu pembuluh darah yang membawa darah dari plasenta ke peredaran darah janin, darah yang dibawanya banyak mengandung nutrisi dan oksigen.
3. Duktus venosus arantii, pembuluh darah yang menghubungkan vena umbilikalis dengan vena cava inferior.
4. Foramen Ovale yaitu suatu lubang antara atrium kanan dan kiri, lubang ini akan tertutup setelah janin lahir.
5. Duktus arteriosus botalli yaitu pembuluh darah yang menghubungkan arteri pulmonalis dengan aorta. Sedangkan Arteri umbilikalis yaitu pembuluh darah yang membawa darah janin ke plasenta. Kedua arteri dan vena umbilikalis terbungkus dalam suatu saluran yang disebut duktus umbilikalis (tali pusat).
6. Darah yang kaya akan oksigen mengalir dari plasenta dengan cepat melalui vena umbilikalis ke dalam abdomen janin.
7. Jumlah darah yang mengalir melalui tali pusat sekitar 125 ml/kg/bb/menit atau sekitar 500 ml/menit.
8. Ketika vena umbilikalis mencapai hati, vena ini bercabang dua. Satu vena mengalirkan darah yang mengandung oksigen melalui hati. Sedangkan sebagian besar darah melalui duktus venosus arantii untuk menuju ke vena cava inferior.

9. Di vena cava inferior, darah bercampur dengan darah yang tidak mengandung oksigen yang berasal dari bagian bawah tubuh janin (kaki dan abdomen) dan kemudian masuk ke dalam atrium kanan.
10. Di atrium kiri darah bercampur dengan sejumlah kecil darah yang tidak mengandung oksigen dari paru janin melalui vena pulmonalis. Darah ini kemudian mengalir ke ventrikel kiri dan dipompa keluar melalui aorta.
11. Sisa darah (sebagian kecil darah) dari atrium kanan yang tidak segera dialihkan ke atrium kiri mengalir ke ventrikel kanan yang memompa darah ke dalam arteri pulmonalis.
12. Darah dari sel-sel tubuh yang penuh dengan sisa-sisa pembakaran akan dialirkan ke plasenta melalui arteri umbilikal untuk selanjutnya masuk ke dalam arteri iliaka interna. Di sini, darah membuang limbah dan karbondioksida sebagai ganti nutrisi dan oksigen.
13. Darah yang tertinggal di dalam arteri mengalir melalui abdomen dan pada akhirnya kembali ke jantung melalui vena Cava inferior.



Gambar 28. Sirkulasi darah antara fetus dengan induk melalui plasenta



Gambar 29. Diagram skematis sirkulasi darah fetus

G. Funikulus Umbilikal

Funiculus umbilicalis atau secara awam dikenal sebagai tali pusar merupakan saluran penting bagi perkembangan fetus selama dalam uterus. Saluran tersebut berperan penting juga dalam mensuplai zat-zat gizi dan oksigen ke fetus. Pada manusia, letak funikulus umbilikalis terbentang dari permukaan fetal plasenta hingga daerah umbilikus fetus dan berlanjut sebagai kulit fetus pada perbatasan tersebut. Funikulus umbikalis secara normal berinsersi di bagian tengah plasenta. Sementara itu, bentuk funikulus umbilikalis berbentuk seperti tali yang memanjang dari tengah plasenta sampai ke umbilikus fetus dan mempunyai sekitar 40 uliran spiral. Ukuran funikulus umbilikalis dapat mencapai panjang 40-50 cm dan diameternya 1-2 cm.

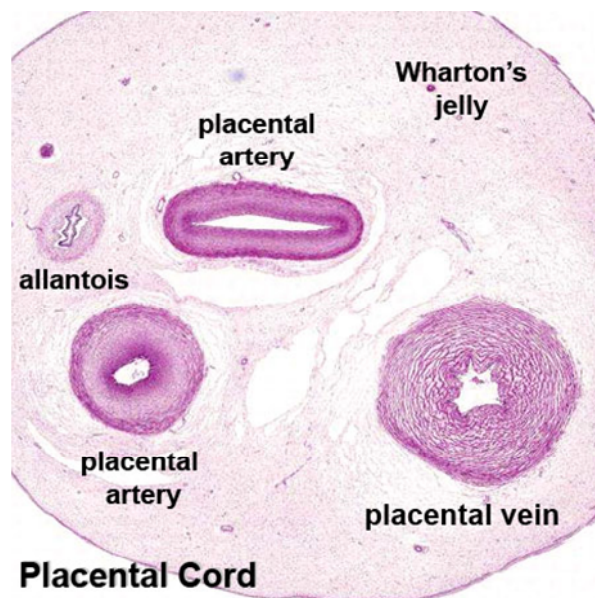
Fungsi tali pusat yaitu, sebagai saluran yang menghubungkan antara plasenta dan bagian tubuh fetus sehingga memungkinkan

mendapat suplai oksigen, makanan dan antibodi dari induk yang sebelumnya diterima terlebih dahulu oleh plasenta melalui vena umbilikal. Fungsi berikutnya adalah sebagai saluran pertukaran bahan-bahan tidak terpakai seperti urea dan gas karbon dioksida yang akan meresap keluar melalui arteri umbilikal.

Secara struktural umbilikal merupakan struktur yang berperan penting dalam komunikasi antara embrio yang sedang berkembang dengan induk. Berikut adalah hal penting terkait struktur umbilikal dengan struktur lainnya.

1. Bagian mmnion menutupi funiculus umbilikal serta merupakan lanjutan amnion yang menutupi permukaan fetal plasenta. Pada ujung fetal amnion melanjutkan diri dengan kulit yang menutupi abdomen. Baik kulit maupun membran amnion berasal dari ektoderm.
2. Adanya tiga pembuluh darah: Setelah struktur lengkung usus, kantung kuning telur dan duktus vitellinus menghilang, umbilikal pada akhirnya hanya mengandung pembuluh darah umbilikal yang menghubungkan sirkulasi fetus dengan plasenta. Ketiga pembuluh darah itu saling berpilin di dalam funikulus umbilikal dan melanjutkan sebagai pembuluh darah kecil pada vili korion plasenta. Kekuatan aliran darah (kurang lebih 400 ml/ menit) yang ada di dalam umbilikal sangat membantu mempertahankan funikulus umbilikal dalam posisi relatif lurus dan mencegah terbelitnya umbilikal tersebut ketika ada pergerakan fetus. Ketiga pembuluh darah tersebut yaitu :
 - Satu vena umbilikal membawa oksigen dan memberi nutrisi ke sistem peredaran darah fetus dari darah maternal yang terletak di dalam spatium choriodeciduale.
 - Dua arteri umbilikal mengembalikan produk sisa (limbah) dari fetus ke plasenta, yaitu produk sisa diasimilasi ke dalam peredaran darah induk untuk dibuang

3. Jeli Wharton merupakan zat lengket, seperti jelly mengelilingi pembuluh darah pada funikulus umbilikal. Jeli Warthon berasal dari mesoderm seperti halnya pembuluh darah. Jeli ini berperan melindungi pembuluh darah tersebut terhadap kompresi, sehingga dapat dijamin secara kontinyu pemberian nutrisi fetus yang sedang berkembang. Di samping itu jeli ini berperan mencegah penekukan tali pusat. Jeli warthon akan mengembang jika terkena udara. Jeli Warthon ini kadang-kadang terkumpul sebagai gumpalan kecil dan membentuk simpul palsu di dalam funikulus umbilikal. Jumlah jeli inilah yang menyebabkan funikulus umbilikal menjadi tebal atau tipis.



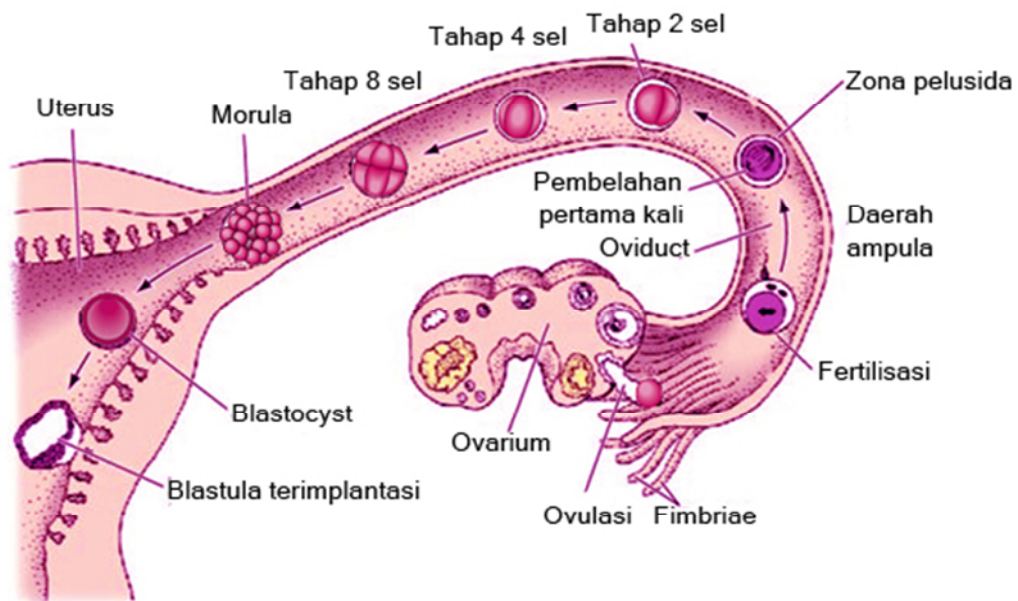
Gambar 30. Jeli Wharton menentukan tebal tipisnya funikulus umbilikal.

Sumber: https://embryology.med.unsw.edu.au/embryology/index.php/BGDA_Practical_Placenta_-_Cord_Development

BAB 7. CLEAVAGE

A. Pengantar

Setelah proses fertilisasi terjadi, Zigot yang terbentuk mengalami serangkaian proses pembelahan yang sangat cepat. pada awalnya zigot akan membelah menjadi dua sel atau dikenal dengan nama blastomer (biasanya terjadi 30 jam setelah fertilisasi). Tiga hari setelah fertilisasi, peningkatan jumlah sel yang cepat akan membentuk formasi kelompokan 12-16 sel yang dinamakan morula. Pembelahan-pembelahan yang terjadi merupakan pembelahan mitosis yang terjadi di sepanjang perjalanan zigot di oviduct menuju ke uterus. Empat hari setelah fertilisasi, morula masuk ke uterus. Di antara sel-sel blastomer morula mulai terisi cairan dan kemudian menyatu membentuk rongga yang disebut sebagai blastocoel. Pada tahap ini hasil konsepsi tersebut dinamakan blastula.



Gambar 31. Fertilisasi dan pembelahan zigot

Pembelahan (cleavage) atau segmentasi terjadi setelah fertilisasi dan membentuk zigot. Zigot kemudian akan membelah berulang-ulang secara mitosis. Setelah fusi pronuklei gamet jantan dan gamet pronuklei betina saat fertilisasi akan menghasilkan inti diploid pada zigot. Kemudian zigot membelah menjadi 2, 4, 6, 8 sel dan seterusnya. Proses pembelahan ini diaktifasi oleh enzim mitosis yang disebut "mitosis promoting factor" (MPF). Pembelahan yang terjadi menyebabkan zigot uniseluler menjadi menjadi multiseluler. Sel-sel hasil pembelahan zigot dinamakan blastomer, sedangkan serangkaian pembelahan yang berlangsung hingga embrio memiliki suatu rongga yang dikelilingi oleh blastomer disebut cleavage.

Pembelahan pada zigot memiliki ciri-ciri yaitu :

1. Ukuran embrio relatif tidak bertambah dan bentuk umum embrio tidak berubah kecuali terbentuknya rongga blastocoel
2. Adanya transformasi dari bagian substansi sitoplasma menjadi substansi inti.
3. Adanya perubahan-perubahan kualitatif komposisi telur yang terbatas.
4. Bagian-bagian utama sitoplasma telur tidak digantikan dan relatif pada posisi sama saat awal pembelahan

Pembelahan zigot sedikit berbeda dengan pembelahan mitosis pada umumnya yang berlangsung pada stadium lanjut perkembangan dan pada organisme dewasa. Di stadium lanjut perkembangan, sebelum sel membelah secara mitosis, sel mengalami perubahan ukuran kira-kira sama dengan ukuran sel sebelum membelah. Jadi pada stadium lanjut perkembangan atau pada organisme dewasa ukuran sel rata-rata dipelihara pada setiap jaringan. Sementara itu selama pembelahan zigot, urutan pembelahan blastomer tidak dipisahkan oleh pertumbuhan, ukuran blastomer-blastomer tidak meningkat hingga pembelahan berikutnya dimulai. Akibatnya dari hal tersebut, setiap pembelahan menghasilkan

blastomer-blastomer dengan ukuran setengah dari blastomer asal. Jadi pembelahan zigot dimulai dari suatu sel yang ukurannya besar kemudian berakhir dengan sejumlah sel ukuran kecil-kecil.

Secara umum pembelahan pada tahap awal zigot menjadi blastula, dibedakan menjadi dua tipe yaitu pembelahan total atau holoblastik dan pembelahan sebagian atau dikenal dengan meroblastic. Tipe pembelahan tergantung kepada jumlah kuning telur atau yolk yang ada di telur. Sebagai contoh pada hewan berplasenta mamalia (termasuk manusia), yaitu embrio memperoleh nutrisi dari induknya melalui plasenta, telur biasanya hanya mempunyai jumlah yolk tidak banyak, sehingga tipe pembelahannya adalah holoblastic. Spesies lain yang mempunyai jumlah yolk yang banyak seperti burung, pembelahan zigotnya bertipe meroblastic.



Gambar 32. Pembelahan zigot menjadi morula

A. Zigot (approximately 16-20 hours after insemination); B. Two-cell embryo (approximately 24 hours after insemination); C. Four-cell embryo (approximately 45 hours after insemination); D. Eight-cell embryo (approximately 72 hours after insemination); E. Morula (approximately 96 hours after insemination). Sumber: <http://www.embryology.ch/anglais/evorimplantation/furchung01.html>

B. Polaritas sel telur

Sebagian besar hewan kecuali mamalia mempunyai sel telur dengan polaritas yang jelas. Polaritas tersebut ditentukan oleh mRNA, protein dan yolk. Yolk terkonsentrasi pada satu kutub disebut kutub vegetal (Vegetal pole), sedangkan kutub yang berlawanan dengan konsentrasi yolk sedikit disebut kutub animal (Animal pole).

Kutub animal merupakan tempat badan polar meiosis menguncup dan terlepas dari sel. Pada beberapa hewan, kutub animal menandai titik tempat anterior (kepala) embrio terbentuk. Pada hewan katak, belahan animal mempunyai granula melanin dalam lapisan luar sitoplasma, menyebabkan berwarna biru abu-abu pekat, sementara bagian kutub vegetal mengandung yolk banyak nampak terang.

C. Bidang pembelahan

Bidang pembelahan yang dapat terjadi pada perkembangan zigot ada beberapa macam, yaitu:

1. Ekuator

Bidang pembelahan tegak lurus terhadap poros kutub animal vegetal dan di pertengahan antara kedua kutub tersebut.

2. Latitudinal

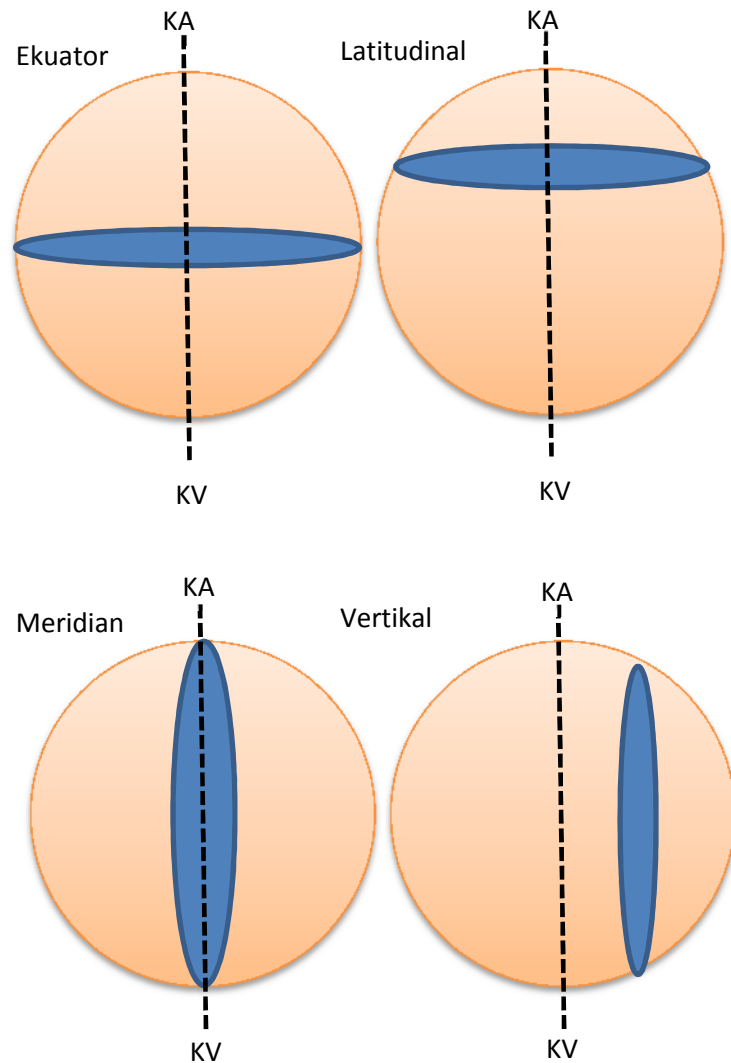
Bidang pembelahan yang sejajar dengan bidang ekuatorial

3. Meridian

Bidang pembelahan melewati poros kutub animal vegetal

4. Vertikal

Bidang pembelahan melewati tegak lurus dari animal ke vegetal. Perbedaan dengan bidang meridian adalah, tidak melewati poros kutub animal vegetal. Bidang vertikal ini sejajar atau melintang bidang meridian.



Gambar 33. Bidang pembelahan

D. Pola pembelahan

Pola pembelahan dapat dibedakan menjadi:

1. Radial, blastula berbentuk bundar, rongga besar dan terdapat ditengah. Dijumpai pada echinodermata dan amphioxus.
2. Bilateral, blastula berbentuk bundar, rongga besar dan terdapat ditengah. Dijumpai pada ascidian

3. Spiral, blastula berbentuk bundar, rongga besar dan terdapat ditengah. Dijumpai pada molusca.
4. Rotasional, blastula berbentuk bundar, rongga besar, dan terdapatditengah. Dijumpai pada mamalia.

E. Bagian-bagian telur dan Tipe telur

Telur mempunyai bagian-bagian telur yaitu, cangkang telur yang berpori sebagai tempat pertukaran udara. Di dalam cangkang sendiri terdapat selaput tipis di salah satu ujung telur, selaput tersebut tidak menempel pada cangkang sehingga membentuk rongga udara. yang berfungsi sebagai sumber oksigen bagi embrio.

Selaput pembungkus telur meliputi:

1. Membran primer: dibentuk oleh ooplasma sebagai membran vitelin (oolemma) dan dihasilkan oleh telur sendiri
2. Membran sekunder: dibentuk oleh sel folikel sebagai zona pelusida (pada mamalia), corona radiata (Amfibia dan aves), Korion (Insecta dan siklostomata), sel granulosa, dan sel theca.
3. Selaput tertier: dibentuk setelah fertilisasi di dalam oviduct sebagai lendir (pada katak), khorion (pada ikan), albumen (pada burung).
4. Selaput quarter: dibentuk di dalam uterus sebagai kulit kapur (pada burung), kapsula (pada ikan), khitin (pada serangga).

Kandungan telur lainnya adalah albumen/putih telur dan yolk/kuning telur/lecitin/vitelus. Albumen berfungsi melindungi zigot atau embrio dari goncangan dan sebagai cadangan makanan. Selain albumen, telur juga mengandung yolk yang berfungsi sebagai persediaan makanan bagi embrio. Yolk merupakan cadangan makanan untuk perkembangan embrio spesies hewan tertentu. Kandungan yolk adalah protein, lipida, fosfolipida, dengan komposisi bervariasi. Pada vertebrata yolk dihasilkan di

hepatosit dan diangkut dalam bentuk terlarut oleh darah ke ovarium. Di ovarium yolk ditransfer oleh sel-sel folikel ke dalam oosit untuk selanjutnya diproses oleh mitokondria menjadi butir-butir yolk. Berdasarkan jumlah dan cara penyebaran yolk, telur dibedakan atas beberapa tipe telur. Oosit membentuk beberapa macam selaput yang berfungsi sebagai pelindung dan sebagai pengenalan sperma sesama spesiesnya.

Yolk keberadaannya di telur disokong oleh kalaza (tali kuning telur) yang berfungsi untuk menahan kuning telur, supaya tetap pada tempatnya dan menjaga embrio tetap berada di bagian atas kuning telur. Bagian penting lain dari telur adalah keping Lembaga atau disebut juga sel embrio. Sel-embrio ini yang akan tumbuh dan berkembang menjadi individu baru.

Di bagian sisi dalam membran telur terdapat lapisan plasma kortek. Lapisan tersebut mempunyai peranan penting pada saat fertilisasi berlangsung, disebut sebagai granula korteks. Granula korteks diselubungi oleh struktur membran mukopolisakarida. Granula korteks mempunyai ukuran yang bervariasi dan ada yang mengandung pigmen sehingga nampak kehitaman seperti pada lapisan granula korteks amphibia.

Telur mempunyai sumbu yang berorientasi pada sumbu animal dan sumbu vegetal, yaitu sebagai polus animalis (dorsal) dan polus vegetativus (ventral). Polus animalis berisi ooplasma, polus vegetativus berisi deutoplasma (vitellus/yolk). Vitellus/yolk disintesis di dalam hepar dan masuk ke dalam telur melalui pembuluh darah. Atas dasar keadaan vitellus tersebut, telur nantinya dapat dibedakan berdasarkan beberapa kriteria ada tidaknya vitellus, jumlah dan penyebaran vitellus

Sel telur atau ovum dapat dibedakan berdasarkan beberapa kriteria yaitu:

1. Berdasarkan ada tidaknya yolk/lecith

Telur dapat diklasifikasikan berdasarkan ada tidaknya vitellus (lecith/yolk):

- a. Lecithal telur yang mempunyai lecith
- b. Alecithal apabila tidak mempunyai lecith.

2. Berdasarkan jumlah yolk

Berdasarkan banyak sedikitnya lecith atau yolk dapat dibedakan menjadi

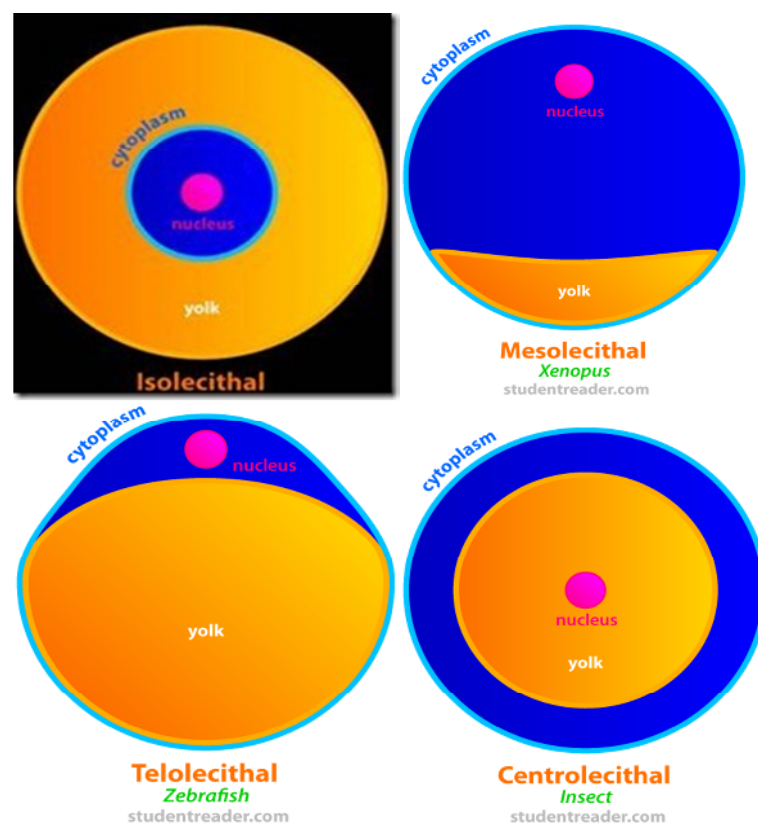
- a. Iso-homo/oligolecithal: Yaitu telur dengan jumlah yolk relatif sedikit. Contohnya telur Echinodermata, Amphioxus, dan Mamalia.
- b. Mesolesital: tipe telur dengan setengah bagian telur mengandung yolk dan kebanyakan terdapat pada bagian hemisfer vegetal.
- c. Polilesita atau megalesital: telur megalesital adalah tipe telur yang mempunyai jumlah yolk yang sangat banyak sehingga inti dengan sedikit ooplasma terdesak ke kutub animal. Telur tipe ini berukuran besar karena kandungan yolknya, contoh telur pisces, reptil, dan aves.

3. Berdasarkan penyebaran yolk/lesital/deutoplasma

- a. Isolesital atau homolesital: tipe telur dengan jumlah yolk relatif sedikit dan tersebar merata di daerah sitoplasma telur. Contohnya telur echinodermata, amphioxus, mamalia.
- b. Mediolesital: disebut juga mesolesital, dengan ciri jumlah yolk sedang berupa lapisan di kutub vegetal. Contoh sebagian amfibia
- c. Telolesital yaitu yolk hanya tersebar pada salah satu ujung atau kutub, kecuali pada bagian blastodisc animal pole. Telur ini memiliki jumlah yolk yang sangat banyak, sehingga inti sel dari telur ini pun hampir terdesak keluar sitoplasma. Namun, letak inti sel tidak

ekstrim seperti letak telur megalesital. Inti sel pada telur tipe ini tidak terlalu dekat dengan membran sel.

- d. Sentrolesital: Telur sentrolesital adalah tipe telur dengan yolknnya terkonsentrasi di tengah dan ooplasma tampak sebagai selaput tipis diwilayah permukaan dengan pulau-pulau sitoplasma, contoh telur arthropoda.



Gambar 34. Tipe telur berdasarkan penyebaran yolk

Berbagai tipe telur di atas mempunyai hubungan yang erat dengan macam pembelahan. Berikut ini merupakan tipe pembelahan berdasarkan tipe sel telur di atas:

1. Pembelahan Holoblastik = pembelahan menyeluruh, artinya seluruh sel telur mengalami pembelahan. Pembelahan holoblastik dibedakan lagi menjadi:

- a. Pembelahan holoblastik sempurna (equal): merupakan pembelahan holoblastik yang menghasilkan sel telur menjadi dua blastomer yang sama besar sehingga pada akhir pembelahan diperoleh sejumlah blastomer yang seragam, seperti sel telur tipe isolesital.
- b. Pembelahan holoblastik tidak sempurna (unequal): bidang pembelahan menyeluruh pada sel telur, namun lebih banyak terjadi di salah satu kutub sel telur. Bila yolk banyak terdapat pada kutub vegetal, maka pembelahan lebih cepat terjadi di kutub animal dan terbentuk dua tipe blastomer dan menyebabkan ukuran blastomer tidak sama, yaitu makromer (blastomer ukuran besar) dan mikromer (blastomer ukuran kecil). Hal ini dijumpai pada sel telur tipe telolesital.
- c. Pembelahan holoblastik radial: bidang pembelahan radial holoblastik merupakan pembelahan blastomer-blastomer yang terdapat pada bagian kutub animal telur, terletak di atas blastomer yang ada pada bagian vegetatif, sehingga pola blastomer adalah radial simetris. Hewan yang mempunyai ciri pembelahan holoblastik radial adalah echinodermata dan amphioxus.
- d. Pembelahan holoblastik spiral: Bidang pembelahan spiral holoblastik dijumpai pada kelompok annelida, turbellaria, dan semua jenis molluska kecuali cephalopoda. Pada pembelahan spiral ini, orientasi spindel mitosis bukan paralel atau tegak lurus dengan sumbu animal-vegetatif telur, namun orientasinya adalah miring sehingga blastomer-blastomer yang dihasilkan tidak terletak tepat di atas atau di bawah blastomer-blastomer yang lain. Akibat adanya pergeseran posisi dari spindel mitosis, akan berdampak sel-sel blastomer bagian atas berada di atas pertemuan dua blastomer yang berada di bawahnya. Pembelahan spiral dikenal dua tipe yaitu pembelahan dekstral dan sinistral. Dikatakan pembelahan dekstral apabila arah

putaran spiral searah dengan jarum jam, dan pembelahan sinistral apabila arah putaran spiral berlawanan dengan arah jarum jam.

- e. Pembelahan holoblastik bilateral: Pembelahan bilateral holoblastik ditemukan pada hewan ascidian (tunicata) serta nematoda. Di tipe ini, dua dari empat blastomer yang dihasilkan dari dua kali pembelahan berukuran lebih besar dari dua sel lainnya, membentuk sebuah bidang bilateral simetris. Saat pembelahan pertama, menghasilkan dua sel yang tidak sama besar. Kedua sel kemudian membelah simultan pada bidang yang saling tegak lurus, menghasilkan empat blastomer dengan bentuk menyerupai huruf T. Susunan blastomer yang berbentuk huruf T berubah menjadi suatu bentuk rhomboid. Pembelahan berikutnya menyebabkan susunan blastomer semakin bilateral simetris. Dua blastomer yang berukuran besar membelah membentuk dua blastomer lainnya di sisi kanan dan kiri sel blastomer tersebut, sementara dua blastomer lainnya membentuk suatu kelompok empat sel yang letaknya saling membelakangi.

- f. Pembelahan holoblastik rotasional

Pembelahan tipe rotasional holoblastik dapat dijumpai pada kelompok mamalia, contoh mencit dan manusia. Ciri-ciri pembelahan holoblastik rotasional pada mamalia adalah: Pembelahannya relatif lambat, orientasi blastomer-blastomernya adalah khas. Pembelahan pertama secara ekuatorial. Pembelahan embrio mamalia sedikit berbeda dengan pembelahan pada embrio lain, yaitu pada pembelahan awal embrio mamalia tidak terjadi secara sinkron. Blastomer-blastomer pada embrio mamalia tidak semua mengadakan pembelahan pada waktu yang bersamaan, Sehingga blastomer pada embrio mamalia tidak bertambah dari stadium 2 sel ke 4 sel, dan 4 sel menjadi 8 sel.

2. Pembelahan Meroblastik, yaitu tipe pembelahan tidak menyeluruh pada sel telur, namun hanya sebagian dari sel telur. Pembelahan mitosis yang terjadi tidak disertai oleh pembagian yolk sehingga pembagiannya adalah inti sel dan sitoplasma di kutub animal. Pembelahan meroblastik dapat dibedakan menjadi:
- Pembelahan meroblastik diskoidal: dijumpai pada sel telur politelotesital seperti aves, reptilia, dan mamalia bertelur.
 - Pembelahan meroblastik superfisial: dijumpai pada sel telur sentrotesital seperti arthropoda.

Tabel 3. Berbagai contoh hewan dengan berbagai tipe pembelahan dan posisi yolk

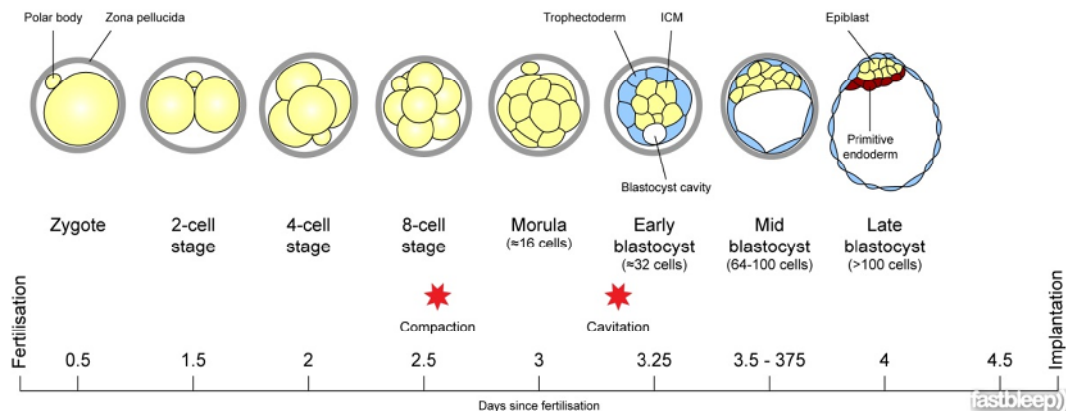
Pola pembelahan	Posisi yolk	Simetri pembelahan	Contoh hewan
Holoblastik	Isolesital (Oligolesital)	Radial	Echinodermata
			Amphioxus
		Spiral	Gastropoda, Annelida, cacing pipih, cacing gilig
		Bilateral	Ascidia
		Rotasional	Mamalia
Meroblastik	Mesolesital	Radial	Amfibia
	Telotesital	Bilateral	Cephalopoda
		Diskoidal	Reptil, Aves, Pisces
	Sentrotesital	Superfisial	Sebagian besar Arthropoda

BAB 8. BLASTULASI

A. Pengantar blastula

Setelah terbentuk zigot, maka zigot akan melakukan pembelahan secara mitosis yang berlangsung secara cepat, namun tidak terjadi pertumbuhan. Pembelahan zigot dari satu sel menjadi dua sel, kemudian 4, 8, 16 dan seterusnya berlangsung di saluran tuba fallopii. Hasil pembelahan zigot tersebut pada akhirnya membentuk massa sel padat yang disebut morula. Masing-masing sel dari pembelahan awal ini disebut blastomer. Pembelahan zigot berkali-kali akan menghasilkan lebih dari 100 sel blastosis yang mengelilingi rongga yang berisi cairan. Rongga tersebut dinamakan blastosol. Sedangkan sel-sel yang mengelilingi yang mengelilinginya disebut blastomere. Perkembangan lanjut dari morula disebut blastula yang dicirikan dengan adanya rongga blastosol. Adanya rongga blastula memungkinkan untuk berlangsungnya gerakan-gerakan morfogenik untuk reorganisasi sel-sel embrio pada stadium perkembangan selanjutnya.

Pada pembelahan dan perkembangan blastula selanjutnya, beberapa blastomere blastula akan berdiferensiasi menjadi inner cell mass dan trofektoderm. Pada proses selanjutnya inner cell mass akan berdiferensiasi lebih lanjut menjadi dua lapisan yaitu lapisan hipoblas (Sel-sel kuboid kecil) dan lapisan epiblas (Sel-sel kolumnar yang meninggi). Dua lapisan ini yang menjadi cikal bakal keping embrio atau disebut embryonic disc.



Gambar 35. Proses pembentukan blastula

Sumber: <http://www.fastbleep.com/biology-notes/32/159/863>

B. Macam blastula

Pembentukan blastula pada dasarnya adalah tahapan untuk mempersiapkan embrio untuk menyusun kembali kelompokan sel untuk tahapan selanjutnya. Oleh karena distribusi kuning telur atau yolk untuk tiap jenis telur suatu spesies berbeda, maka akan mempengaruhi bentuk-bentuk blastula. Berikut adalah macam-macam bentuk blastula berdasarkan distribusi yolk telur:

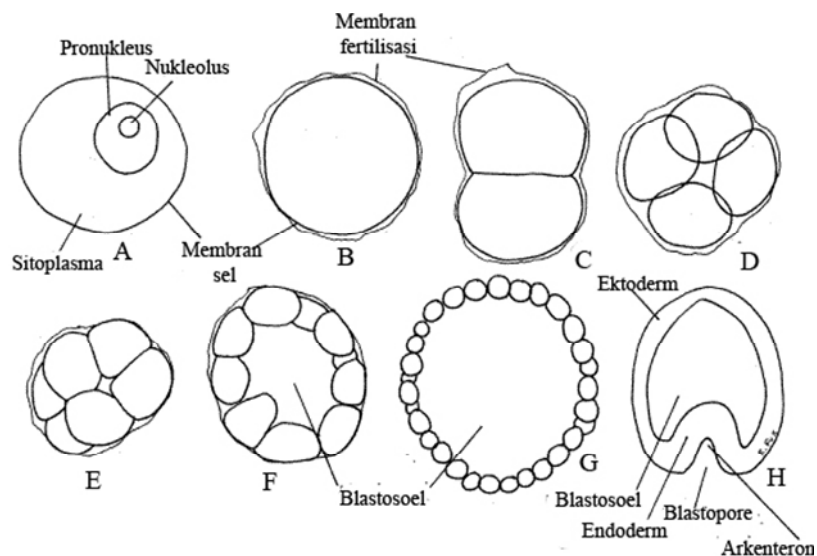
1. Coeloblastula. Merupakan blastula dengan bentuk bulat, dijumpai pada telur-telur dengan tipe isolesital dan oligolesital. Contoh blastula pada *Synapta* sp, *Asterias* sp, *Amphioxus*, dan *Amphibia*.
2. Diskoblastula. Blastula yang mempunyai bentuk cakram atau tudung. Blastodisk tampak berkembang seperti cakram di atas massa yolk. Dijumpai pada telur dengan tipe telolesital. Contoh blastula pada ayam, dan ikan zebra. Rongga blastula terbentuk pada bagian bawah cakram atau tudung diantara blastodisk dan yolk.
3. Blastokista. Bentuk blastula mirip kista. Blastula ini memiliki inner cell mass di bagian dalam embrio dan dikelilingi oleh tropoblas. Blastula ini dijumpai pada telur dengan tipe isolesital. Contoh blastula tipe ini dijumpai pada mamalia.

4. Stereoblastula Blastula dengan tipe masif tak berongga. Blastula ini dijumpai pada telur dengan tipe sentrolesital. Contoh blastula pada berbagai jenis serangga.

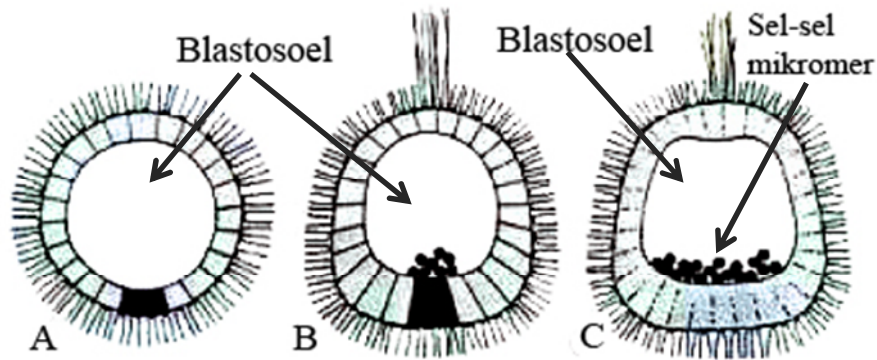
C. Blastula pada berbagai jenis hewan

1. Blastula Bintang Laut

Pada bintang laut, blastula atau tepatnya coeloblastula terbentuk pada stadium 32 sel. Pada stadium awal, blastula mempunyai silia dan dinding blastula hanya ada satu lapisan sel. Sel-sel di apikal kutub anima mempunyai ukuran yang relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan sel-sel pada kutub vegetatif. Di bagian kutub vegetatif dijumpai sel-sel mikromer yang nantinya akan berkembang menjadi mesenkim primer. Rongga blastula (Blastosoel) besar dan ada di bagian tengah embrio. Pada stadium blastula selanjutnya terjadi perubahan, seperti lepasnya sel-sel mikromer ke dalam blastosoel.

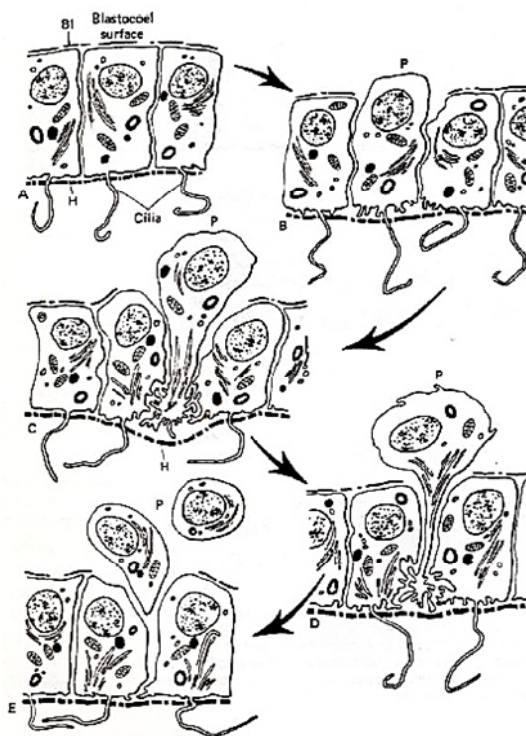


Gambar 1. Stadium blastula pada *Asterias sp* (Carlson, 1988).



Gambar 36. Masuknya sel-sel mikromer dalam blastosoel (Carlson, 1985)

Mekanisme masuknya sel-sel mikromer ke dalam blastocoel adalah sebagai berikut: Bagian apeks sel-sel mikromer memanjang dan lepas dari lapisan hialin, dan bagian lateral terpisah dari sel-sel vegetatif di sekitarnya. Sel-sel melintasi lamina basalis masuk ke dalam blastocoel. Di dalam blastocoel, sel-sel tersebut mengalami reorganisasi membentuk sel-sel mesenkim primer.

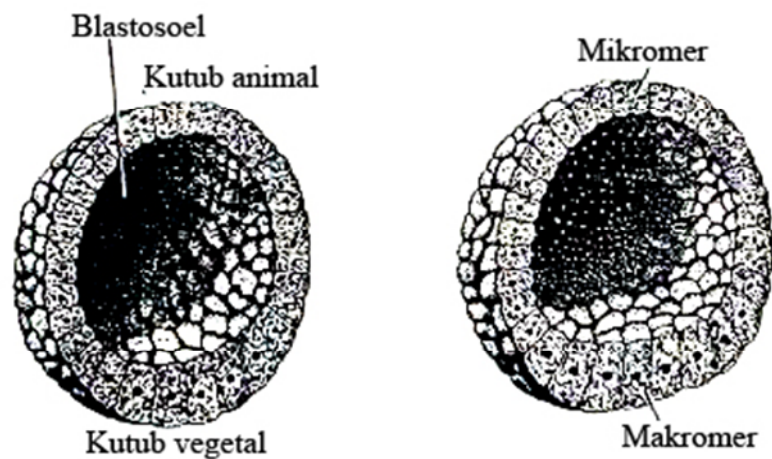


Gambar 37. Ingresi mesenkim primer pada asterias.

(A) dinding blastula sebelum ingresi dimulai, (B) Sel-sel mesenkim primer (P) mulai memanjang ke dalam blastocoel menembus lamina basalis yang tidak sempurna (BL), (C) permukaan apeks sel lepas dari lapisan hialin (H), (D) sel-sel mesenkim primer memisah dari dinding blastocoel, (E) sel-sel mesenkim yang telah terpisah (Carlson, 1985).

2. Blastula pada Amphioxus

Pada stadium pertumbuhan 8 sel, terbentuk rongga yang terletak di antara makromer dan mikromer. Rongga (Blastosoel) yang terbentuk semakin jelas pada stadium 64 sel. Sejalan dengan pertumbuhannya, rongga tersebut membesar. Struktur yang terbentuk dinamakan blastula, terbentuk 4-6 jam setelah fertilisasi. Pertumbuhan akhir blastula berlangsung hingga embrio mencapai lebih dari 200 sel .



Gambar 38. Blastula pada amphioxus (Huettner, 1957)

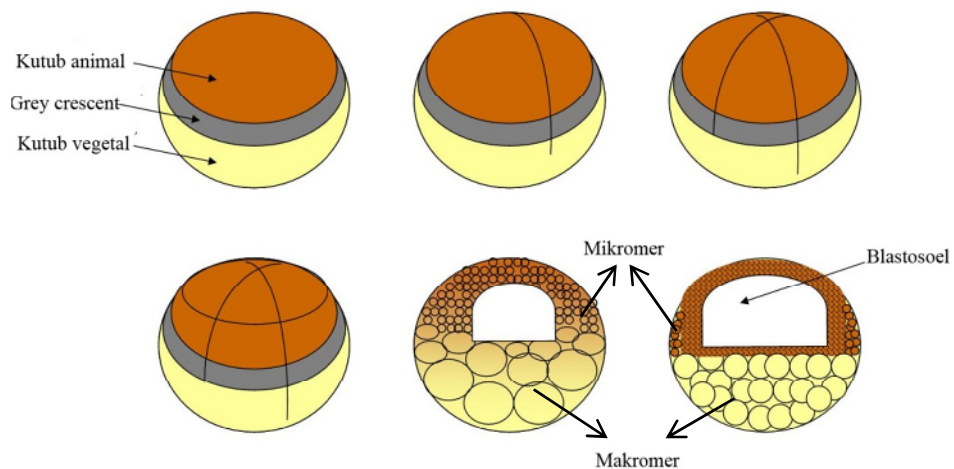
3. Blastula Pada Amphibia

Blastula beserta blastosoel pada amphibia (Contoh: *Xenopus* sp) tercapai saat stadium 128 sel. Blastula amphibia mempunyai tiga daerah penting, yaitu:

- Daerah di sekitar kutub animal, yaitu sel-sel yang membentuk atap blastocoel. Sel-sel tersebut akan menjadi lapisan ektoderem. Sel-sel tersebut berukuran kecil (mikromer) dan mengandung banyak butir-butir pigmen.
- Daerah di sekitar kutub vegetatif, terdiri atas sel-sel yolk yang berukuran besar atau disebut makromer dan merupakan cikal

bakal sel-sel endoderm. Daerah tersebut mengandung banyak butiran yolk.

- c. Daerah sub ekuatorial terdiri atas sel-sel cincin marginal, berupa daerah kelabu (gray crescent). Daerah tersebut akan membentuk sel-sel mesoderem. Pada blastula katak, atap blastocoel berupa 2-4 lapisan sel. Sementara alas blastocoel adalah sel-sel yolk. Blastocoel terletak lebih ke arah kutub animal. Fungsi blastosoel adalah membatasi interaksi antara bakal ektoderem dan sel-sel endoderem pada cincin marginal yang mengelilingi tepi blastosoel.



Gambar 39. Blastulasi pada amfibia. Sumber Johnson (2006)

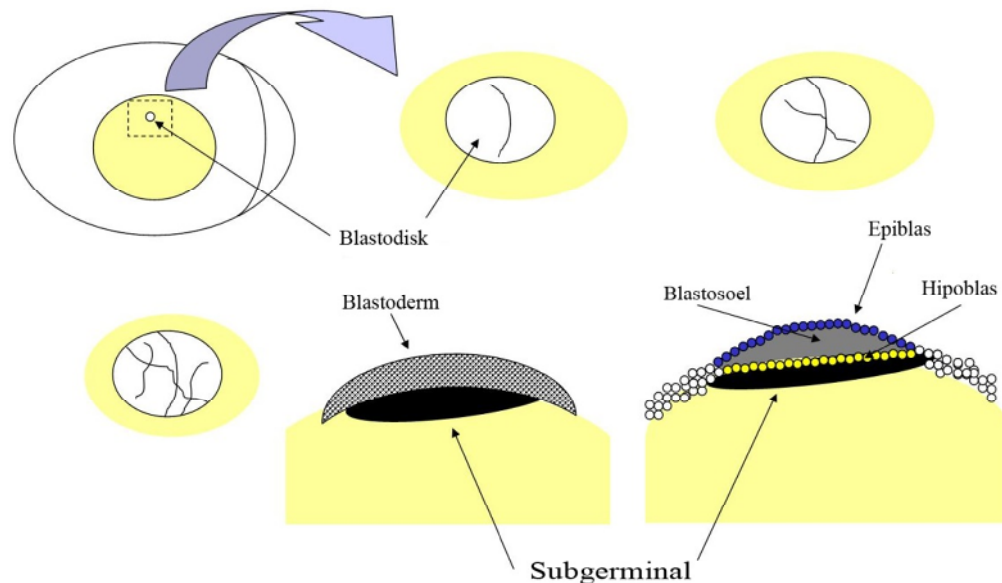
4. Blastula Pada Aves

Bentuk blastula pada burung adalah cakram atau tudung. Ketika lapisan tunggal blastoderem terbentuk, blastoderem kemudian membelah secara ekuatorial atau horisontal, menghasilkan 3-4 lapisan sel. Pada tahap ini, blastodisk dibedakan menjadi dua daerah, yaitu:

- a. Area pelusida = daerah bening terletak di bagian atas rongga subgerminal

b. Area opaka = daerah tampak gelap, terletak di bagian tepi blastodisk.

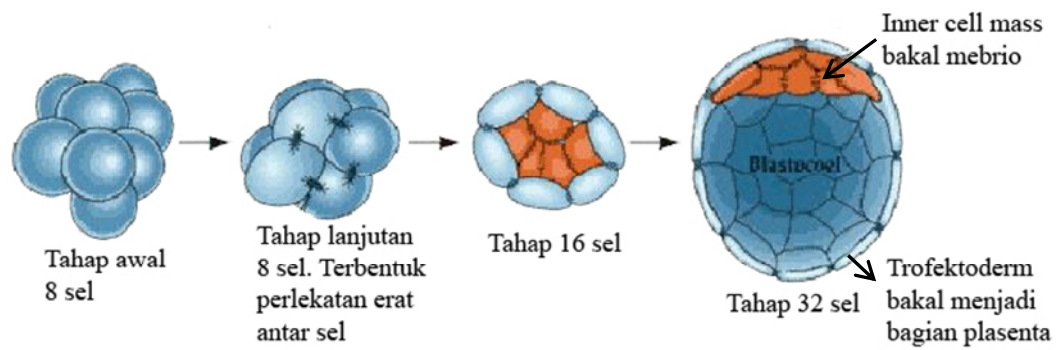
Pada beberapa anggota aves, rongga subgerminal merupakan blastosoel. Khusus pada ayam dan bebek, blastosoel terbentuk setelah adanya delaminasi blastoderm membentuk lapisan sel bagian bawah yang disebut hipoblas primer, sedangkan lapisan sel bagian atas dinamakan epiblas.



Gambar 40. Blastulasi pada kelompok aves (Johnson, 2006)

5. Blastula Pada Mamalia

Blastula mamalia dinamakan blastokista, mempunyai ciri adanya rongga berisi cairan yang dikelilingi oleh selapis sel pada bagian tepi (Trofoblas atau trofektoderm). Bagian dalam embrio ke arah kutub animal, terdapat inner cell mass. Trofoblas merupakan bagian ekstra embrional yang membentuk selaput korion dan berperan dalam pembentukan plasenta. Sementara inner cell mass akan menjadi cikal embrio.



Gambar 41. Blastulasi pada mamalia

(Adnan, 2008; Aspinall et al., 2009; Balinsky, 1981; Carlson, 1988; Cunningham and Klein, 2007; Fox, 2007; Frandson et al., 2009; Gilbert, 2006; Johnson, 2006; Majumdar, 1985; Montiel et al., 2013; Moore, 1989; Shum et al., 2009; Toelihere, 1979; Wasserman, 2002; Wright, 2005; Yatim, 1994)

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan. 2008. Perkembangan hewan. UNM, Jurusan Biologi FMIPA UNM, Makasar.
- Aspinall, V., M. Cappelllo, and S. Bowden. 2009. Introduction to Veterinary Anatomy and Physiology Revision Aid. Elsevier, UK.
- Balinsky, B. I. 1981. An Introduction to Embryology. 5 ed. Tata McGraw -Hill New Delhi.
- Carlson, B. M. 1988. Patten's Foundation of Embryology. McGraw Hill New York.
- Cunningham, J. G., and B. G. Klein. 2007. Veterinary Physiology. Saunders Elsevier, USA.
- Fox, R. 2007. Invertebrate Anatomy OnLine *Asterias forbesi*.
<http://lanwebs.lander.edu/faculty/rsfox/invertebrates/asterias.html>.
- Frandsen, R. D., W. L. Wilke, and A. D. Fails. 2009. Anatomy and Physiology of Farm Animals. 7 ed. Wiley-Blackwell, Colorado.
- Gilbert, S. F. 2006. Developmental Biology. 8 ed. Sunderland, Sinauer
- Johnson, C. 2006. Compare Embryology of Sea Urchin, Frog, Bird and Mammal Similarities and Differences.
<http://labs.bio.unc.edu/harris/Courses/biol104/jan13.htm> Accessed 14 February 2015.
- Majumdar, N. N. 1985. Textbook of Vertebrates Embryology. 5 ed. Tata McGraw Hill New Delhi.
- Montiel, J. F., H. Kaune, and M. Maliqueo. 2013. Maternal-fetal unit interactions and eutherian neocortical development and evolution. *Frontiers in Neuroanatomy* 7.
- Moore, K. L. 1989. Before We Are Born. 3 ed. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Shum, W. W., N. Da Silva, D. Brown, and S. Breton. 2009. Regulation of luminal acidification in the male reproductive tract via cell-cell crosstalk. *The Journal of experimental biology* 212: 1753-1761.
- Toelihere, M. R. 1979. Fisiologi Reproduksi Pada Ternak. Angkasa, Bandung.
- Wasserman, B. 2002. Fertilization in Animal Development: Cleavage and Early Embryo. Department of Biology, Kenyon College.
- Wright, S. J. 2005. A Photographic Atlas of Developmental Biology.
<http://labs.bio.unc.edu/harris/Courses/biol104/jan13.htm> Accessed 14 February 2015.
- Yatim, W. 1994. Reproduksi dan Embriogenesis. Tarsito, Bandung.

BIOGRAFI PENULIS



Rudy Agung Nugroho. Lulus S1 dari Fakultas Biologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta tahun 1997, lulus S2 dari program Pascasarjana Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta tahun 2001. Pada tahun 2014, telah menyelesaikan studi S3 Fakultas Science and Engineering di Curtin University, Perth Western Australia. Saat ini adalah dosen tetap di Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman Samarinda. Mengampu mata kuliah Fisiologi hewan dan Struktur Perkembangan Hewan. Beberapa publikasi nasional dan international telah diterbitkan dan pernah mengikuti seminar dalam dan luar negeri di beberapa negara (Melbourne-Australia; Prague-Czeque Republic) sebagai pembicara utama. Bidang yang ditekuni saat ini mengenai suplementasi bahan organik, prebiotik, probiotik, untuk peningkatan pertumbuhan dan imunitas pada hewan akuatik yang dibudidayakan.