

MODUL

PERKEMBANGAN HEWAN

Disusun oleh :

Dr. Irdalisa, S.Si., M.Pd.



**PROGRAM PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
2021**

KATA PENGANTAR

Modul pembelajaran ini disusun dalam rangka memperlancar jalannya perkuliahan khususnya dalam mata kuliah perkembangan hewan. Materi pokok yang disajikan di dalam modul ini adalah (1) Reproduksi Hewan (2) Gametogenesis, (3) Fertilisasi, (4) Organogenesis, (5) Pembelahan Embrio Tahap Blastulasi, (6) Selaput Ekstraembrio dan Plasenta, (7) Gastrulasi, (8) Neurulasi. Dengan mempelajari modul ini diharapkan mahasiswa memiliki pemahaman lebih mendalam tentang materi-materi yang ada di mata kuliah perkembangan hewan, dan dapat menjadi tambahan literatur.

Semoga Modul pembelajaran ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa dalam menunjang keberhasilan perkuliahan Perkembangan Hewan.

Jakarta, 25 Februari 2021

Penyusun,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
KEGIATAN BELAJAR 1 REPRODUKSI HEWAN	1
KEGIATAN BELAJAR 2 GAMETOGENESIS	22
KEGIATAN BELAJAR 3 FERTILISASI	36
KEGIATAN BELAJAR 4 ORGANOGENESIS	58
KEGIATAN BELAJAR 5 PEMBELAHAN EMBRIO TAHAP BLASTULASI ...	70
KEGIATAN BELAJAR 6 SELAPUT EKSTRA EMBRIO DAN PLASENTA	88
KEGIATAN BELAJAR 7 GASTRULASI	99
KEGIATAN BELAJAR 8 NEURULASI	121
DAFTAR PUSTAKA	132

KEGIATAN BELAJAR 1

REPRODUKSI HEWAN

URAIAN MATERI

1. Pengertian Reproduksi

Reproduksi merupakan salah satu kemampuan hewan yang sangat penting. Tanpa kemampuan tersebut, suatu jenis hewan akan punah. Oleh karena itu, perlu dihasilkan sejumlah besar individu baru yang disebut reproduksi.

Reproduksi sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup makhluk hidup yang berada di bumi. Karena jika makhluk hidup kerebadaannya tidak seimbang, akan mengakibatkan ketidakseimbangan ekosistem. Karena setiap hewan memiliki fase-fase reproduksi yang berbeda-beda dan memiliki factor-faktor yang mempengaruhi system reproduksi hewan tersebut.

Reproduksi dapat terjadi secara generative atau vegetative. Reproduksi secara vegetative tidak melibatkan proses pembentukan gamet, sedangkan reproduksi generative diawali dengan pembentukan gamet. Di dalam gamet terkandung unit hereditas (factor yang diturunkan) yang disebut gen. gen berisi sejumlah besar kode informasi hereditas yang sebenarnya, yang terletak pada DNA.

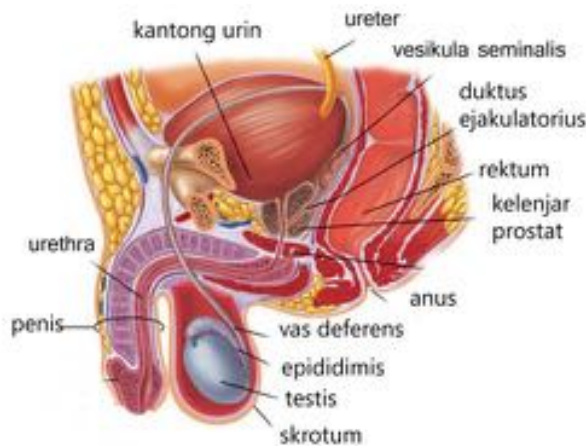
Sistem reproduksi vertebrata jantan terdiri atas sepasang testis, saluran reproduksi jantan, kelenjar seks asesoris (pada mamalia) dan organ kopulatoris (pada hewan-hewan dengan fertilisasi internal). System reproduksi betina terdiri atas sepasang ovarium pada beberapa hanya satu) dan saluran reproduksi betina. Pada mamalia yang dilengkapi organ kelamin luar (vulva) dan kelenjar susu.

Reproduksi vertebrata pada umumnya sama, tetapi karena tempat hidup, perkembangan anatomi, dan cara hidup yang berbeda menyebabkan adanya perbedaan pada proses fertilisasi.

2. Fungsi Organ Reproduksi Eksterna dan Interna Jantan

a. Anatomi

Organ genitalia pria dibedakan menjadi organ genitalia interna dan organ genitalia eksterna. Organ genitalia interna terdiri dari testis, epididimis, duktus deferens, funiculus spermaticus, dan kelenjar seks tambahan. Organ genitalia eksterna terdiri dari penis, uretra, dan skrotum.



(<https://ekosistem.co.id/sistem-reproduksi-manusia/>)

b. Organ Reproduksi Internal Jantan

1. Testis

Testis adalah kelenjar kelamin jantan pada hewan dan manusia. Bentuk dari testis adalah oval. **Fungsi** testis adalah sebagai penghasil sel kelamin jantan (spermatozoa) dan memiliki hormon seks testosteron. Letak testis berada dalam skrotum yang merupakan organ berugae (memiliki lipatan kulit) dan berfungsi menjaga suhu pada testis agar spermatogenesis dapat terus terjadi. Skrotum dapat berkerut ataupun mengendur jauh dari tubuh sesuai dengan suhu tubuh.

2. Epididimis

Epididimis adalah saluran yang berkelok-kelok dengan panjang sekitar 4-6 meter yang terdiri dari caput, corpus, dan cauda. Di dalam

epididimis, spermatozoa akan matang sehingga menjadi motil dan fertil. Setelah melalui epididimis yang merupakan tempat penyimpanan sperma sementara, sperma akan menuju duktus deferens. **Fungsi** Epididimis adalah sebagai alat untuk mengangkat, menyimpan, dan pematangan sperma.

3. Vas Deferens

Duktus deferens/vas deferens adalah suatu saluran lurus berdinding tebal yang akan menuju uretra pars prostatika. Berfungsi sebagai saluran tempat jalannya sperma dari epididimis menuju kantung semen atau kantung mani (vesikula seminalis). Dalam proses penyimpanan dan dalam pematangan sperma, duktus deferens akan mendorong sperma agar dapat bergerak secara peristaltik ke vesikula seminalis.

4. Kelenjar kelamin

Fungsi dari kelenjar kelamin pria adalah sebagai penghasil cairan sebagai tempat berenang sperma dan menjaga sperma untuk dapat tetap hidup dengan cara menetralkan asam. Cairan ini disebut dengan air mani atau dalam bahasa latinnya adalah semen. Kelenjar kelamin terdiri dari sepasang vesikula seminalis, prostat, dan sepasang kelenjar bulbourethral. Vesikula seminalis terletak di bagian dorsal vesika urinaria dan menghasilkan sekitar 60% dari volume cairan semen. Sekresi dari vesikula seminalis mengandung fruktosa, prostaglandin, fibrinogen, dan vitamin C. Fruktosa memiliki fungsi sebagai sumber energi primer untuk sperma, sedangkan prostaglandin memiliki fungsi merangsang kontraksi otot polos sehingga memudahkan transfer sperma. Saluran dari masing-masing vesikula seminalis bergabung dengan duktus deferens pada sisi yang sama untuk membentuk duktus ejakulatorius. Dengan demikian, sperma dan cairan semen masuk uretra bersama selama ejakulasi. Kelenjar prostat terletak di bawah dasar vesika urinaria. Kelenjar prostat mengeluarkan cairan basa yang menetralkan sekresi vagina yang asam, enzim pembekuan, dan fibrinolisin. Kelenjar bulbourethral terletak di dalam otot perineal dan menghasilkan cairan mukoid untuk pelumas.

5. Saluran Ejakulasi

Saluran ejakulasi merupakan saluran pendek yang menghubungkan kantung semen dengan uretra. Berfungsi untuk mengeluarkan sperma agar masuk ke dalam uretra.

6. Uretra

Uretra merupakan saluran akhir reproduksi yang terdapat di dalam penis. Berfungsi sebagai saluran kelamin yang berasal dari kantung semen dan saluran untuk membuang urin dari kantung kemih.

c. Organ Reproduksi Eksterna Jantan

1. Penis

Penis terbagi menjadi radix, corpus, dan glans penis. Penis terdiri dari 3 massa silindris yaitu dua corpora cavernosa yang dipisahkan oleh septum dan terletak di dorsal serta satu corpus spongiosum yang mengelilingi uretra dan terletak di ventral. Glans penis adalah ujung terminal dari corpus spongiosum yang membesar dan menutupi ujung bebas kedua corpora cavernosa penis. Preputium adalah lipatan kulit yang retraktil pada glans penis yang akan dipotong dalam sirkumsisi. Fungsi penis secara biologi adalah sebagai alat pembuangan sisa metabolisme berwujud cairan (urinasi) dan sebagai alat bantu reproduksi.

2. Skrotum

Skrotum adalah kantung kulit yang menggantung di luar rongga perut, antara kaki dan dorsal penis. Terdiri dari 2 kantung yang masing-masing diisi oleh testis, epididimis, dan bagian caudal funiculus spermaticus. Fungsi skrotum adalah untuk memberikan kepada testis suatu lingkungan yang memiliki suhu 1-8°C lebih dingin dibandingkan temperatur rongga tubuh. Fungsi ini dapat terlaksana disebabkan adanya pengaturan oleh sistem otot rangkap yang menarik testis mendekati dinding tubuh untuk memanasi.

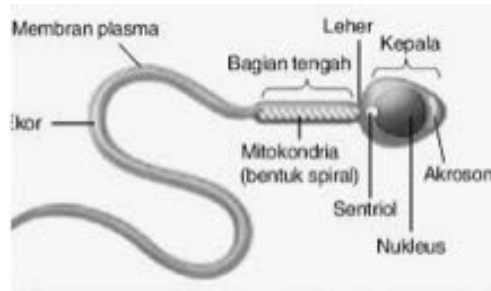
3. Proses Spermatogenesis

Spermatogenesis terjadi dalam tubulus seminiferus pada testis. Tubulus seminiferus terdiri dari tunika jaringan ikat fibrosa (tunika fibrosa), lamina basalis yang berbatas tegas, dan epitel germinativum/kompleks seminiferus.

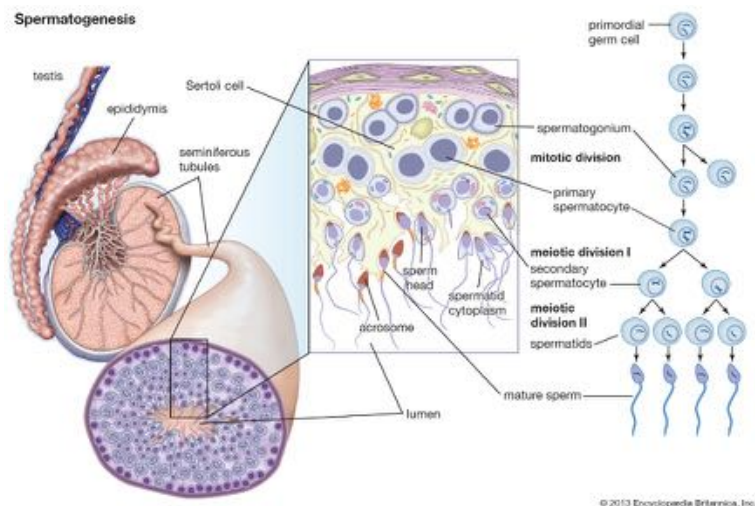
Pada lapisan paling dalam yang melekat pada jaringan ikat dekat lamina basalis terdiri atas sel mieloid yang menyerupai epitel selapis. Epitel terdiri atas 2 sel yaitu sel sertoli/penyokong dan sel seminal/turunan spermatogenik. Sel seminal ini yang akan berproliferasi menghasilkan spermatozoa. Spermatogenesis terdiri dari 3 fase:

1. Spermatositogenesis, dimana spermatogonia membelah yang akhirnya menghasilkan spermatosit
2. Meiosis, dimana spermatosit mengalami pembelahan menjadi spermatid dan terjadi pengurangan setengah jumlah kromosom dan jumlah DNA per sel
3. Spermiogenesis, dimana spermatid mengalami proses sitodiferensiasi menghasilkan spermatozoa.

Proses spermatogenesis dimulai dari spermatogonium yang mengalami mitosis. Spermatogonium ada yang bentuknya tetap seperti spermatogonia A yang terus menjadi sumber spermatogonia atau ada yang seperti spermatogonium B yang berpotensi melanjutkan proses perkembangan. Spermatogonia B tumbuh menghasilkan spermatosit primer. Spermatosit primer akan masuk dalam fase meiosis. Dari pembelahan meiosis pertama akan dihasilkan spermatosit sekunder. Spermatosit sekunder akan masuk ke pembelahan meiosis kedua yang menghasilkan spermatid yang mengandung 23 kromosom dan DNA sejumlah n /haploid. Pada fase spermiogenesis terjadi pembentukan kepala, bagian tengah dan ekor sperma. Pada bagian kepala sperma terdapat akrosom yang mengandung enzim hidrolitik yang akan melepaskan sel korona radiata dan mencernakan zona pelusida. Saat spermatozoa bertemu ovum, akrosom akan lisis sebagian dan mengeluarkan enzim yang dikandungnya sehingga memudahkan penetrasi sperma ke ovum. Pada bagian tengah spermatozoa terdapat mitokondria yang akan berkaitan dengan pembentukan energi untuk pergerakan spermatozoa. Bagian ekor spermatozoa dibentuk oleh sentriol dan akan timbul flagelum yang digunakan untuk pergerakan spermatozoa.



(<https://nuraminudin.co.id/struktur-spermatozoa/>)

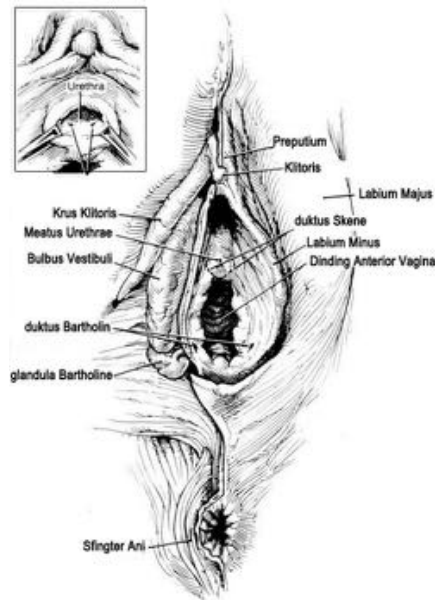


(<https://www.britannica.com/science/spermatogenesis>)

4. Fungsi Organ Reproduksi Eksterna and Interna Betina

a. Anatomi

Anatomi fisiologi sistem reproduksi wanita dibagi menjadi 2 bagian yaitu: alat reproduksi wanita bagian dalam yang terletak di dalam rongga pelvis, dan alat reproduksi wanita bagian luar yang terletak di perineum.



(<https://ogfkkumj.wordpress.com/2012/04/19/anatomi-organ-reproduksi-wanita/>)

b. Organ Reproduksi Eksterna Betina

1. Mons veneris / Mons pubis

Disebut juga gunung venus merupakan bagian yang menonjol di bagian depan simfisis terdiri dari jaringan lemak dan sedikit jaringan ikat setelah dewasa tertutup oleh rambut yang bentuknya segitiga. Mons pubis mengandung banyak kelenjar sebacea (minyak) berfungsi sebagai bantal pada waktu melakukan hubungan seks.

2. Bibir besar (Labia mayora)

Merupakan kelanjutan dari mons veneris berbentuk lonjong, panjang labia mayora 7-8 cm, lebar 2-3 cm dan agak meruncing pada ujung bawah. Kedua bibir ini dibagian bawah bertemu membentuk perineum, permukaan terdiri dari:

1) Bagian luar Tertutup oleh rambut yang merupakan kelanjutan dari rambut pada mons veneris.

2) Bagian dalam Tanpa rambut merupakan selaput yang mengandung kelenjar sebacea (lemak).

3. Bibir kecil (labia minora)

Merupakan lipatan kulit yang panjang, sempit, terletak dibagian dalam bibir besar (labia mayora) tanpa rambut yang memanjang ke arah bawah klitoris dan menyatu dengan fourchette, sementara bagian lateral dan 7 anterior labia biasanya mengandung pigmen, permukaan medial labia minora sama dengan mukosa vagina yaitu merah muda dan basah.

4. Klitoris

Merupakan bagian penting alat reproduksi luar yang bersifat erektile, dan letaknya dekat ujung superior vulva. Organ ini mengandung banyak pembuluh darah dan serat saraf sensoris sehingga sangat sensitive analog dengan penis laki-laki. Fungsi utama klitoris adalah menstimulasi dan meningkatkan ketegangan seksual.

5. Vestibulum

Merupakan alat reproduksi bagian luar yang berbentuk seperti perahu atau lonjong, terletak di antara labia minora, klitoris dan fourchette. Vestibulum terdiri dari muara uretra, kelenjar parauretra, vagina dan kelenjar paravagina. Permukaan vestibulum yang tipis dan agak berlendir mudah teriritasi oleh bahan kimia, panas, dan friksi.

6. Perinium

Merupakan daerah muskular yang ditutupi kulit antara introitus vagina dan anus. Perinium membentuk dasar badan perinium.

7. Kelenjar Bartholin

Kelenjar penting di daerah vulva dan vagina yang bersifat rapuh dan mudah robek. Pada saat hubungan seks pengeluaran lendir meningkat.

8. Himen (Selaput dara)

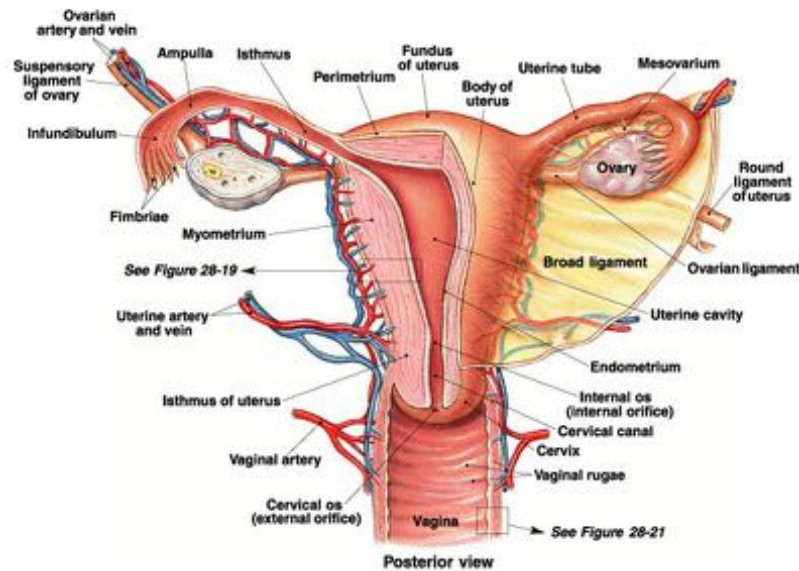
Merupakan jaringan yang menutupi lubang vagina bersifat rapuh dan mudah robek, himen ini berlubang sehingga menjadi saluran dari lendir yang dikeluarkan uterus dan darah saat menstruasi.

9. Fourchette

Merupakan lipatan jaringan transversal yang pipih dan tipis, terletak pada pertemuan ujung bawah labia mayora dan labia minora. Di garis

tengah berada di bawah orifisium vagina. Suatu cekungan kecil dan fosa navikularis terletak di antara fourchette dan himen.

c. Organ Reproduksi Interna Betina



(<https://bocahradiography.wordpress.com/2012/05/14/anatomi-dan-fisiologi-organ-genetalia-wanita/>)

1. Vagina

Vagina merupakan saluran yang menghubungkan uterus dengan vulva dan merupakan tabung berotot yang dilapisi membran dari jenis epitelium bergaris khusus dan dialiri banyak pembuluh darah serta serabut saraf secara melimpah. Panjang Vagina kurang lebih 10-12 cm dari vestibula ke uterus, dan letaknya di antara kandung kemih dan rektum. Vagina mempunyai fungsi yaitu : sebagai saluran keluar dari uterus yang dapat mengalirkan darah menstruasi, sebagai jalan lahir pada waktu partus.

2. Uterus

Merupakan jaringan otot yang kuat, berdinding tebal, muskular, pipih, cekung dan tampak seperti bola lampu / buah peer terbalik yang terletak di 10 pelvis minor di antara kandung kemih dan

rectum. Uterus normal memiliki bentuk simetris, nyeri bila ditekan, licin dan teraba padat.

Uterus terdiri dari tiga bagian yaitu: fundus uteri yaitu bagian corpus uteri yang terletak di atas kedua pangkal tuba fallopi, corpus uteri merupakan bagian utama yang mengelilingi kavum uteri dan berbentuk segitiga, dan serviks uteri yang berbentuk silinder. Dinding belakang, dinding depan dan bagian atas tertutup peritoneum sedangkan bagian bawahnya berhubungan dengan kandung kemih.

Untuk mempertahankan posisinya uterus disangga beberapa ligamentum, jaringan ikat dan peritoneum. Ukuran uterus tergantung dari usia wanita, pada anak-anak ukuran uterus sekitar 2-3 cm, nullipara 6-8 cm, dan multipara 8-9 cm. Dinding uterus terdiri dari tiga lapisan yaitu peritoneum, miometrium / lapisan otot, dan endometrium.

1) Peritoneum

- a) Meliputi dinding rahim bagian luar
- b) Menutupi bagian luar uterus
- c) Merupakan penebalan yang diisi jaringan ikat
- d) pembuluh darah limfe dan urat saraf
- e) Meliputi tuba dan mencapai dinding abdomen

2) Lapisan otot

- a) Lapisan luar: seperti "Kap" melengkung dari fundus uteri menuju ligamentum
- b) Lapisan dalam: berasal dari osteum tuba uteri sampai osteum uteri internum
- c) Lapisan tengah: terletak di antara kedua lapisan tersebut membentuk lapisan tebal anyaman serabut otot rahim. Lapisan tengah ditembus oleh pembuluh darah arteri dan vena. Lengkungan serabut otot ini membentuk angka dan sehingga saat terjadi kontraksi pembuluh darah terjepit rapat dengan demikian perdarahan dapat terhenti.

3) Semakin ke arah serviks otot rahim makin berkurang dan jaringan ikatnya bertambah. Bagian rahim yang terletak antara osteum uteri internum anatomikum yang merupakan batas dan

kavum uteri dan kanalis servikalis dengan ostium uteri histologicum (dimana terjadi perubahan selaput lendir kavum uteri menjadi selaput lendir serviks) disebut istmus. Isthmus uteri ini akan menjadi segmen bawah rahim dan meregang saat persalinan.

4) Kedudukan uterus dalam tulang panggul ditentukan oleh tonus otot rahim sendiri, tonus ligamentum yang menyangga, tonus otot-otot dasar panggul, ligamentum yang menyangga uterus adalah ligamentum latum, ligamentum rotundum (teres uteri) ligamentum infundibulo pelvikum (suspensorium ovarii) ligamentum kardinale mackenrodt, ligamentum sacro uterinum dan ligamentum uterinum.

5) Pembuluh darah uterus

a) Arteri uterina ascendens yang menuju corpus uteri sepanjang dinding lateral dan memberikan cabangnya menuju uterus dan di dasar endometrium membentuk arteri spiral uteri

b) Di bagian atas ada arteri ovarika untuk memberikan darah pada tuba falopi dan ovarium melalui rami uterini dan rami ovarika

6) Susunan saraf uterus

Kontraksi otot rahim bersifat otonom dan dikendalikan oleh saraf simpatis dan parasimpatis melalui ganglion servikalis lumbosakral yang terletak pada pertemuan ligamentum sakro uterinum.

3. Tuba falopi

Tuba falopi merupakan saluran ovum yang terentang antara kornu uterine hingga suatu tempat dekat ovarium dan merupakan jalan ovum mencapai rongga uterus. terletak di tepi atas ligamentum latum berjalan ke arah lateral mulai dari ostium tubae internum pada dinding rahim. Panjang tuba falopi 12cm diameter 3-8cm. Dinding tuba terdiri dari tiga lapisan yaitu serosa, muskular, serta mukosa dengan epitel bersilia.

Tuba falopi terdiri atas :

- a) Pars interstitialis (intramularis) terletak di antara otot rahim mulai dari ostium internum tuba.
- b) Pars isthmica tubae, bagian tuba yang berada di luar uterus dan merupakan bagian yang paling sempit.
- c) Pars ampullaris tubae, bagian tuba yang paling luas dan berbentuk "s".
- d) Pars infundibulo tubae, bagian akhir tubae yang memilikiumbai yang disebut fimbriae tubae.

Fungsi tuba fallopi :

- a) Sebagai jalan transportasi ovum dari ovarium sampai kavum uteri.
- b) Untuk menangkap ovum yang dilepaskan saat ovulasi.
- c) Sebagai saluran dari spermatozoa ovum dan hasil konsepsi.
- d) Tempat terjadinya konsepsi.
- e) Tempat pertumbuhan dan perkembangan hasil konsepsi sampai mencapai bentuk blastula yang siap mengadakan implantasi.

4. Ovarium

Ovarium berfungsi dalam pembentukan dan pematangan folikel menjadi ovum, ovulasi, sintesis, dan sekresi hormon – hormon steroid. 15 Letak: Ovarium ke arah uterus bergantung pada ligamentum infundibulo pelvikum dan melekat pada ligamentum latum melalui mesovarium.

Ovarium memiliki 2 bagian yaitu:

- 1) Korteks ovarii
 - a) Mengandung folikel primordial
 - b) Berbagai fase pertumbuhan folikel menuju folikel de graaf
 - c) Terdapat corpus luteum dan albicans
- 2) Medula ovarii
 - a) Terdapat pembuluh darah dan limfe
 - b) Terdapat serat saraf

5. Proses Oogenesis

Oogenesis adalah proses pembentukan ovum atau sel telur yang terjadi pada tubuh wanita. Tujuan utama dari Oogenesis adalah membentuk ovum dalam proses pembuahan atau reproduksi. Proses yang berlangsung di organ reproduksi wanita, yakni ovarium, dengan fungsi utama menghasilkan sel telur atau ovum. Pada prosesnya menghasilkan 1 ovum fungsional.

Hormon yang mempengaruhi oogenesis :

- 1) Hormon FSH (Follicle Stimulating Hormone) ialah berfungsi untuk merangsang terjadinya ovulasi (proses pengeluaran sel telur atau ovum).
- 2) Hormon LH (Luteinizing Hormone) yaitu suatu hormon yang berfungsi sebagai merangsang ovulasi (proses pengeluaran sel telur).
- 3) Hormon Estrogen yakni berfungsi untuk membantu pematangan folikel dan merangsang pertumbuhan alat kelamin sekunder.
- 4) Hormon Progesteron yang berfungsi untuk menebalkan dinding endometrium yang berperan dalam peluruhan ovum (menstruasi).

Proses oogenesis dimulai dari oogonium yang bersifat diploid yang membelah secara mitosis menjadi oosit primer yang bersifat diploid. Selanjutnya, oosit primer yang bersifat diploid akan melakukan pembelahan meiosis I menghasilkan oosit sekunder (haploid) dan polosit primer (haploid).

Oosit sekunder yang bersifat haploid akan melakukan pembelahan meiosis II menjadi ootid (haploid) dan polosit sekunder (haploid). Sedangkan polosit primer akan membelah menjadi dua polosit sekunder (haploid). Ootid yang bersifat haploid akan mengalami diferensiasi atau pendewasaan menjadi ovum yang bersifat haploid. Sedangkan 3 polosit sekunder akan mengalami degenerasi atau peluruhan.

Proses oogenesis terbagi menjadi tiga tahap, yaitu :

1) Tahap Penggandaan

Tahap penggandaan terjadi dalam ovarium janin ketika masih dalam kandungan. Pada saat tahap ini, sel primordial (bakal calon ovum) mengalami pembelahan mitosis membentuk oogonium yang bersifat diploid ($2n$).

2) Tahap Pertumbuhan

Berikutnya, tahapan pertumbuhan pada oogenesis terjadi pada ovarium bayi. Pada tahap pertumbuhan, oogonium mengalami

pembelahan mitosis membentuk oosit primer yang bersifat diploid. Selanjutnya, oosit primer berada dalam keadaan dorman (istirahat) sampai anak perempuan mengalami masa puber yang ditandai dengan menstruasi.

3) Tahap Pematangan

Tahapan yang terakhir adalah tahap pematangan, tahapan ini dimulai pada masa puber. Pada tahapan pematangan terjadi perubahan hormonal dalam tubuh anak perempuan. Perubahan ini mengakibatkan oosit primer membelah secara meiosis I menghasilkan oosit sekunder dan badan polar/badan kutub.

6. Contoh Reproduksi Alami

a. Membelah diri

Membelah diri adalah perkembangbiakan hewan dengan cara memisahkannya tubuh induk menjadi dua individu yang sama besar. Cara reproduksi aseksual pada hewan dengan membelah diri pada awalnya hewan berbentuk membulat dan kemudian memanjang. Selanjutnya, sitoplasma pada bagian tengah terbagi menjadi dua. Hingga akhirnya terbentuklah individu yang baru yang masing-masing memiliki inti sel. Pembelahan sel terjadi pada kondisi yang baik, dengan suhu yang cukup (tidak terlalu rendah dan tidak terlalu tinggi), serta memiliki ketersediaan makanan yang cukup. Contoh hewan yang bereproduksi dengan membelah diri yaitu, Amoeba, Paramecium, Ciliata, *Flagellata caudatum*, *Euglena viridis*, *Chlorella sp*, Archaea.

b. Tunas

Cara berkembang biak hewan dengan tunas adalah melalui pemisahan individu baru dari tubuh induk. Individu ini terbentuk dari tonjolan pada bagian tubuh induk. Biasanya, individu baru tersebut akan tumbuh disekitar posisi induk, sehingga akan terbentuk koloni dari hewan tersebut. Pertunasan biasanya terjadi pada hewan yang sesil (menempel di dasar perairan). Terjadi pada anemon laut, porifera, dan beberapa cnidaria (e.g., Hydra).

c. Fragmentasi

Fragmentasi adalah proses terbentuknya individu baru yang berasal dari potongan – potongan tubuh induk. Jenis hewan yang mampu melakukan fragmentasi memiliki daya regenerasi yang tinggi. Kondisi inilah yang memungkinkan tiap potongan hewan tersebut dapat tumbuh menjadi individu baru. Contoh hewan yang berkembang biak dengan fragmentasi adalah planaria dan spons.

d. Parthenogenesis

Reproduksi aseksual pada hewan melalui partenogenesis merupakan pertumbuhan dan perkembangan embrio atau biji tanpa fertilisasi oleh pejantan. Kata lainnya, cara reproduksi secara partenogenesis terjadi dimana gamet atau sel telur betina berkembang menjadi individu tanpa pembuahan. Partenogenesis terjadi secara alami pada beberapa spesies, termasuk tumbuhan tingkat rendah, invertebrata, dan vertebrata. Contoh hewan yang melakukan partenogenesis adalah lebah, kecoa, semut, cicak, reptile, dan ikan.

7. Contoh Reproduksi Buatan (Invivo dan Invitro)

Reproduksi in vivo, merupakan reproduksi buatan di mana pertemuan gamet jantan dan betina terjadi di dalam tubuh hewan. Contoh yang paling mudah adalah metode kawin suntik pada beberapa jenis ternak. Pada proses ini sperma dari jantan yang kita inginkan ditransfer ke dalam saluran betina yang sedang berahi dengan sejenis alat yang menyerupai jarum suntik, sehingga disebut kawin suntik.

Reproduksi in vitro merupakan suatu reproduksi buatan dengan cara menyatukan gamet jantan dan betina di luar tubuh hewan yang bersangkutan, yang biasanya pada cawan petri, karena itulah disebut "in vitro" yang secara harfiah artinya di dalam gelas (cawan).

Teknik fertilisasi in vitro pada manusia, pertama mendapatkan telur-telur yang matang dari tubuh ibu. Hal ini dilakukan dengan menyuntikkan human chorionoc gonadotropin (hCG) pada seorang ibu sehingga akan menghasilkan beberapa sel telur dalam suatu siklus seksualnya. Dengan teknik pembedahan laparoskopi, sel-sel telur yang sudah matang diangkat dari ovarium dengan pipet khusus, selanjutnya sel-sel telur tersebut ditempatkan di dalam cawan dan

dicampurkan dengan semen suaminya atau donor jika suaminya steril. Zigot yang terbentuk dipelihara dalam cawan tersebut dan dibiarkan berkembang. Sementara itu tubuh sang ibu dikondisikan sedemikian rupa sehingga siap menerima konsepsi (embrio). Ketika embrio dalam cawan masih berbentuk bola sel (morula atau blastula), diisap dengan sejenis alat dan selanjutnya ditransfer ke dalam rongga uterus sang ibu. Biasanya embrio akan berkembang, berimplantasi, dan menjadi individu baru seperti layaknya kehamilan biasa. Teknik seperti ini sering disebut teknik bayi tabung.

8. Siklus Seksual (Siklus Estrus dan Siklus Menstruasi)

Siklus seksual pada mamalia umumnya hanya tampak pada hewan betina saja dibandingkan pada hewan jantan, hal ini disebabkan karena pengaruh hormonal pada jantan relatif konstan dan pada betina tampak berfluktuasi membentuk siklus tertentu. Namun siklus seksual pada jantan ada walaupun tidak begitu nyata, misalnya pada hewan karnivora sperma banyak dibentuk pada musim kawin saja lain halnya dengan keadaan hormonal didalam tubuh hewan betina. Hal ini yang mempengaruhi fungsi reproduksinya.(Dasar, Hewan, Rumanta, & Si, n.d.).

Pada dasarnya siklus seksual melibatkan banyak perubahan dalam organ reproduksi terutama pada ovarium. Ovarium akan berisolasi antara fase folikuler dan fase luteal. Pada fase folikuler atau folikulogenik, folikel tumbuh dan berdiferensiasi dalam artian folikel akan menyesuaikan dengan kondisi dan sesuai fungsi structural, folikel-folikel post ovulasi akan membentuk kelenjar luteal (korpus luteum). Siklus ini sering disebut siklus ovarium (*ovarium cycle*). siklus ovarium dan folikulogenesis adalah proses yang berlangsung terus- menerus sampai persediaan folikel primer habis. Tidak semua folikel primer akan mengalami pendewasaan, hanya sebagian kecil saja yang siap untuk di ovulasikan. Sebagian folikel tersebut akan mengalami atresia sebelum benar-benar menjadi folikel yang matang.

1. Siklus estrus

Siklus estrus merupakan rangkaian kejadian yang berhubungan dengan persiapan uterus untuk menerima zigot. Siklus ini juga berhubungan dengan pematangan telur dan perubahan tingkah laku pada mamalia. Siklus ini terbagi menjadi beberapa fase yaitu proestrus, estrus, mestretrus, dan diestrus.

a. Proestrus

Adalah fase persiapan dan biasanya berlangsung dalam waktu yang relative pendek. Penebalan endometrium dan mukosa vagina terjadi di fase ini yang menyebabkan dinding uterus menjadi lebih tebal, halus dan lebih berglandular serta terjadi pengeluaran cairan yang disebut *uterin milk*. Folikel telur dalam ovarium telah matang pada fase ini dan menghasilkan hormone estrogen dan progesterone. Yang mana perubahan-perubahan tersebut terjadi karena dirangsang oleh hormone yang dihasilkan hipofisis yaitu FSH (*follicle stimulating hormone*).

b. Estrus

Pada fase ini produksi estrogen bertambah dan terjadi ovulasi. Mukosa uterus menebal dan banyak mengandung pembuluh darah pada fase inilah hewan betina siap menerima hewan jantan untuk melakukan kopulasi. Perubahan yang terjadi pada ovarium yaitu dimulainya pemasakan bagi folikel yang telah dimulai pertumbuhannya pada fase proestrus. Dengan demikian pada fase ini folikel yang telah siap untuk diovulasikan.

c. Metestrus

Telah terjadi pembentukan korpus luteum dari sel-sel folikel yang menandakan bahwa saat ini korpus luteum aktif memproduksi progesterone yang berfungsi mempersiapkan uterus untuk menerima zigot. Pada fase ini estrogen dalam tubuh hewan berkurang dan hewan betina tidak responsive terhadap jantan untuk berbiak, bahkan kadang-kadang menentang jika ada jantan yang mendekat. Jika ovum tidak dibuahi, maka dinding uterus yang sudah dipersiapkan akan menyusut kembali tetapi tidak terjadi pendarahan.

d. Diestrus

Merupakan fase istirahat di mana uterus kembali lagi pada struktur semula, korpus luteum berdegenerasi menjadi korpus albicans dan akan menghilang sebelum terjadi ovulasi berikutnya. Jika terjadi pembuahan dan kehamilan maka korpus luteum ini akan dipertahankan.

2. Siklus Menstruasi

Pada umumnya siklus seksual ditandai dengan menstruasi, yaitu uterus mengeluarkan kotoran berupa darah, lender, dan sisa-sisa sel. Seperti yang sudah diketahui bahwa menstruasi pertama terjadi pada usia 12-14 tahun.

Siklus menstruasi dapat dibedakan menjadi 3 fase, yaitu (1) fase menses, (2) fase proliferasi dan (3) fase sekretori.

1. Fase menses

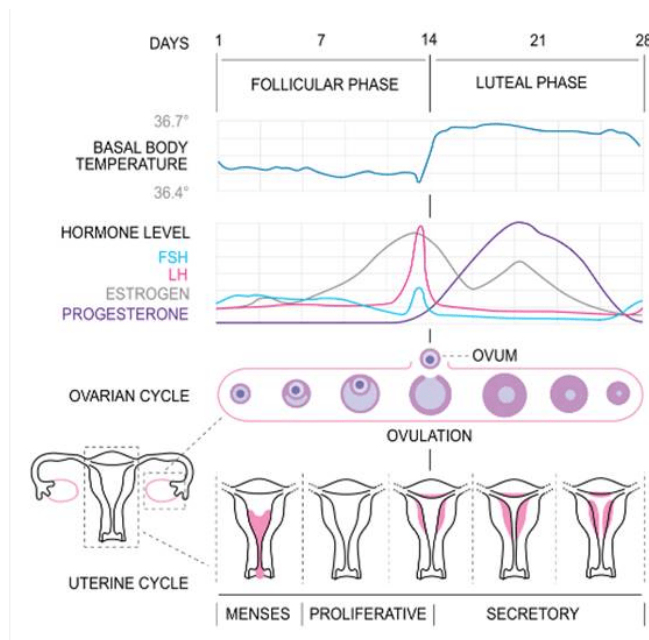
Merupakan fase dimana proses perkembangan folikel dalam ovarium melepaskan hormone estrogen.

2. Fase proliferasi

Merupakan fase dimana endometrium mengalami perubahan seiring dengan peningkatan ketebalan, kelenjar-kelenjar uterus tertarik keluar sehingga memanjang dan belum mengeluarkan sekresi.

3. Fase sekretorik

Fase dimana endometrium menghasilkan prolactin. Yang dimna fase ini merupakan fase setelah ovulasi, kelenjar-kelenjar pada endometrium mulai mengumpar dan mulai mensekresikan cairan jernih.



<https://www.amongguru.com/fase-siklus-menstruasi-pada-wanita-dan-faktor-yang-memengaruhinya/>

Pada gambar di atas tampak jelas bahwa pada hari 1-5 siklus terdapat garis pita tebal yang berarti terjadi pengikisan ketebalan dinding uterus yang ditandai dengan adanya pendarahan. Fase ini disebut *fase menses*.

Umumnya pada hari kelima endometrium ini mulai memperbaiki diri, dengan jalan proliferasi sel-sel dari bagian dalam kelenjar yang masih tersisa pada lapisan basal. Kelenjar-kelenjar uterus ini bertambah panjang sedangkan endometrium semakin tebal. Namun pada fase ini kelenjar tersebut masih relative langsing, lurus dan belum bersekresi. Fase ini dikenal dengan proliferasi.

Setelah ovulasi, fase proliferasi berubah secara berangsur-angsur menuju *fase sekretori*. Dinding kelenjar uterus tidak beraturan dan ukuran lumennya membesar, serta terjadi sekresi. Pada fase ini terjadi peningkatan jumlah arteri kecil pada endometrium sampai mendekati permukaan. Arteri- arteri ini cenderung berbebtuk spiral. Seminggu setelah ovulasi menunjukan terjadinya peningkatan aktivitas histologi. Kelenjar-kelenjar mengembang dan terjadi penambahan ketebalan jaringan mukosa, yang semula kurang lebih 1 mm menjadi 4-5 mm. pada fase ini uterus telah siap untuk menerima embrio dan memberi makan pada embrio muda tersebut.

Jika embrio tidak berimplantasi maka aktivitas fase sekretori berakhir dan segera terjadi menstruasi. Maka siklus menstruasi akan berjalan terus. Sebaliknya jika terjadi implantasi maka dinding uterus akan tetap dipertahankan sampai kehamilan berakhir.

9. Kelainan pada siklus menstruasi

Kelainan pada siklus menstruasi umumnya disebabkan oleh ketidakseimbangan FSH atau LH sehingga kadar estrogen dan progesterone tidak normal. Biasanya gangguan menstruasi yang terjadi adalah siklus menstruasi tidak teratur atau jarang dan pendarahan yang lama atau abnormal. Ada beberapa kelainan pada siklus menstruasi menurut jumlah perdarahan, siklus atau durasi perdarahan dan gangguan lainnya.

1. Menurut jumlah perdarahan

a. Hipomenorea

Adalah perdarahan menstruasi yang lebih pendek atau lebih sedikit dari biasanya. Hipomonera disebabkan oleh kesuburan endometrium yang kurang akibat kurang gizi, penyakit menahun, maupun organ hormonal sering disebabkan karena gangguan endokrin.

b. Hipermenorea

Merupakan perdarahan menstruasi yang lebih lama atau lebih banyak dari biasanya. penyebab hipermenorea bisa berasal dari Rahim berupa mioma uteri dan juga dapat disebabkan oleh kelainan diluar Rahim (anemia, gangguan pembekuan darah).

2. Menurut siklus atau durasi perdarahan

a. Polimenorea

Kondisi dimana siklus menstruasi tidak normal, lebih pendek dari biasanya atau kurang dari 21 hari. Wanita dengan polimenorea akan mengalami menstruasi hingga dua kali atau lebih dalam sebulan, dengan pola teratur dalam jumlah peredaran darah yang relative sama seperti pada umumnya. Polimenorea terjadi akibat adanya ketidakseimbangannya hormone pada aksis hipotalamus-hipofisis-ovarium. Yang mengakibatkan gangguan pada proses ovulasi.

b. Oligomenorea

Siklus menstruasi lebih panjang atau lebih dari 35 hari dengan jumlah perdarahan yang sama. Perempuan yang mengalami kelainan ini akan mengalami menstruasi yang lebih jarang. Hal ini disebabkan adanya gangguan hormonal pada aksis hipotalamus-hipofisis-ovarium. Penyebab lainnya antara lain kondisi stress dan depresi serta dapat disebabkan karena adanya kelainan pada struktur Rahim atau serviks.

c. Amenorea

Kadaan dimana tidak adanya menstruasi untuk sedikitnya 3 bulan berturut-turut. Hal tersebut normal terjadi pada masa sebelum pubertas, kehamilan dan menyusui dan setelah menopause. Amenorea terdiri dari :

1. Amenorea primer

Keadaan tidak adanya menstruasi pada wanita usia 16 tahun

2. Amenorea sekunder

Keadaan tidak adanya menstruasi selama 3 siklus.

10. Kelainan pada siklus estrus

1. Abnormalitas postpartus

Kondisi klinis yang abnormal pada saat melahirkan atau setelahnya akan menghambat estrus pertama setelah melahirkan. Induk yang mengalami retensi plasenta dan metritis akan mengalami pertambahan dari kelahiran sampai timbulnya estrus. Hal ini terjadi karena hambatan involusi alat-alat reproduksi.

TES FORMATIF

Untuk memperdalam pemahaman anda mengenai materi Reproduksi hewan Jawablah pertanyaan berikut ini!

1. Coba anda perhatikan siklus hidup burung, kemudian bandingkan dengan siklus hidup katak! Apa yang membedakan keduanya! Jelaskan
2. Jelaskan perbedaan antara sistem reproduksi reproduksi betina tikus, kucing, dan manusia!
3. Jelaskan perbedaan pokok reproduksi buatan dengan Teknik *in vivo* dengan *in vitro*
4. Mengapa orang hamil tidak pernah menstruasi
5. Jelaskan perbedaan proses ovulasi pada kelinci dengan ovulasi pada manusia

KEGIATAN BELAJAR 2

GAMETOGENESIS

(SPERMATOGENESIS & OOGENESIS)

URAIAN MATERI

1. Pengertian Gametogenesis

Gametogenesis adalah proses pembentukan gamet atau sel kelamin. Sel gamet yang terdiri dari gamet jantan (spermatozoa) dihasilkan di testis dan gamet betina (ovum) yang dihasilkan di ovarium. Terdapat dua jenis proses pembelahan sel yaitu mitosis dan meiosis. Mitosis yaitu pembelahan sel dari induk menjadi 2 anakan tetapi tidak terjadi reduksi kromosom apabila ada sel tubuh kita yang rusak maka akan terjadi proses penggantian dengan sel baru melalui proses pembelahan mitosis, sedangkan pembelahan meiosis yaitu pembelahan sel dari induk menjadi 2 anakan dengan adanya reduksi kromosom, contohnya pembelahan sel kelamin atau gamet sebagai agen utama dalam proses reproduksi manusia.

Pada pembelahan mitosis menghasilkan sel baru yang jumlah kromosomnya sama persis dengan sel induk yang bersifat diploid ($2n$) yaitu 23 pasang/ 46 kromosom, sedangkan pada meiosis jumlah kromosom pada sel baru hanya bersifat haploid (n) yaitu 23 kromosom. Gametogenesis terdiri 4 tahap : perbanyakan, pertumbuhan, pematangan dan perubahan bentuk. Gametogenesis ada dua yaitu spermatogenesis dan oogenesis.

Spermatogenesis merupakan salah satu proses gametogenesis yang dimana proses tersebut merupakan pembentukan sel spermatozoa (tunggal : spermatozoon) yang terjadi di organ kelamin (gonad) jantan yaitu testis tepatnya di tubulus seminiferus. Sel spermatozoa, disingkat sperma yang bersifat haploid (n) dibentuk di dalam testis melewati sebuah proses kompleks.

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

2. Gametogenesis Hewan

a. Gametogenesis pada mamalia

Gametogenesis adalah proses pembentukan gamet atau sel kelamin. Sel gamet terdiri dari gamet jantan (spermatozoa) yang dihasilkan di testis dan gamet betina (ovum) yang dihasilkan di ovarium. Terdapat dua jenis proses pembelahan sel yaitu mitosis dan meiosis. Mitosis yaitu pembelahan sel dari induk menjadi 2 anakan tetapi tidak terjadi reduksi kromosom (bersifat diploid), sedangkan pembelahan meiosis yaitu pembelahan sel dari induk menjadi 2 anakan dengan adanya reduksi kromosom (bersifat haploid), contohnya pembelahan sel kelamin atau gamet sebagai agen utama dalam proses reproduksi manusia. Gametogenesis terbagi menjadi dua yaitu spermatogenesis dan oogenesis.

b. Gametogenesis pada Aves

Gametogenesis berlangsung di dalam kelamin jantan dan betina. Gametogenesis dibedakan menjadi dua, yaitu spermatogenesis (pembentukan sel kelamin jantan atau sperma yang terjadi di dalam testis) dan oogenesis (pembentukan sel kelamin betina atau ovum yang terjadi di dalam ovarium). Secara prinsip keduanya melalui pembelahan yang sama, namun hasil akhirnya berbeda.

c. Gametogenesis pada Reptil

Reptil betina menghasilkan ovum di dalam ovarium. Ovum kemudian bergerak di sepanjang oviduk menuju kloaka. Reptil jantan menghasilkan sperma di dalam testis. Sperma bergerak di sepanjang saluran yang langsung berhubungan dengan testis, yaitu epididimis. Dari epididimis sperma bergerak menuju vas deferens dan berakhir di hemipenis. Hemipenis merupakan dua penis yang dihubungkan oleh satu testis yang dapat dibolak-balik seperti jari-jari pada sarung tangan karet. Pada saat kelompok hewan reptil mengadakan kopulasi, hanya satu hemipenis saja yang dimasukkan ke dalam saluran kelamin betina.

3. Pengertian Spermatogenesis

Spermatogenesis merupakan proses yang fundamental di dalam sistem reproduksi pria yang melibatkan serangkaian peristiwa genetik dan epigenetik

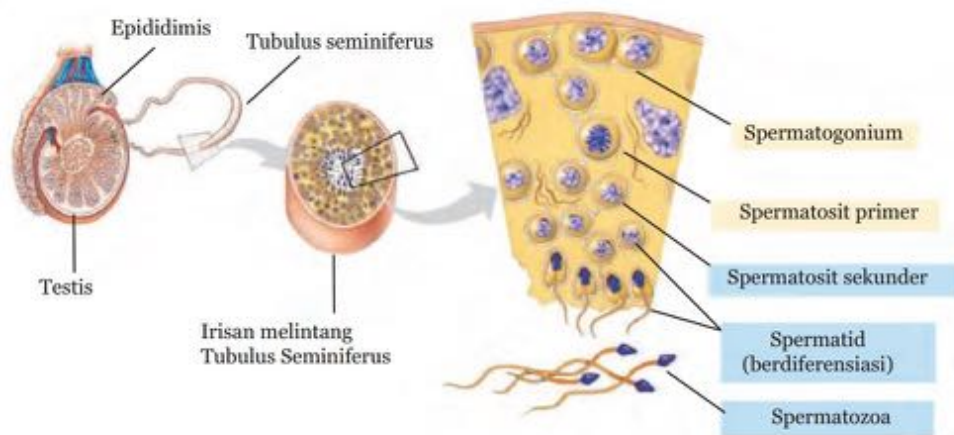
tingkat tinggi di dalam sel-sel germinal yang berperan penting merubah spermatogonia menjadi spermatozoa (Liu et al., 2008). Spermatogenesis adalah proses pembentukan sel spermatozoa (tunggal : spermatozoon) yang terjadi di organ kelamin (gonad) jantan yaitu testis tepatnya di tubulus seminiferus. Spermatogenesis merupakan proses yang kompleks dan melibatkan pembelahan baik mitosis dan meiosis.

a. Pengertian Spermatogenesis

Spermatogenesis merupakan proses yang fundamental di dalam sistem reproduksi pria yang melibatkan serangkaian peristiwa genetik dan epigenetik tingkat tinggi di dalam sel-sel germinal yang berperan penting merubah spermatogonia menjadi spermatozoa (Liu et al., 2008). Spermatogenesis adalah proses pembentukan sel spermatozoa (tunggal : spermatozoon) yang terjadi di organ kelamin (gonad) jantan yaitu testis tepatnya di tubulus seminiferus. Spermatogenesis merupakan proses yang kompleks dan melibatkan pembelahan baik mitosis dan meiosis.

b. Tahapan Spermatogenesis

1) Spermatogenesis Mamalia



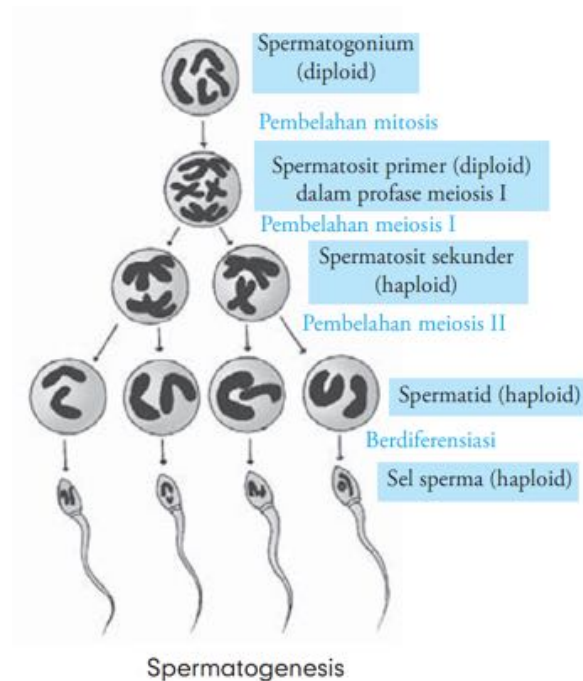
Sumber: Campbell dkk., 2008.

Tahapan proses spermatogenesis dibagi menjadi 3, yaitu Spermatositogenesis, Spermiogenesis, dan Spermiasi.

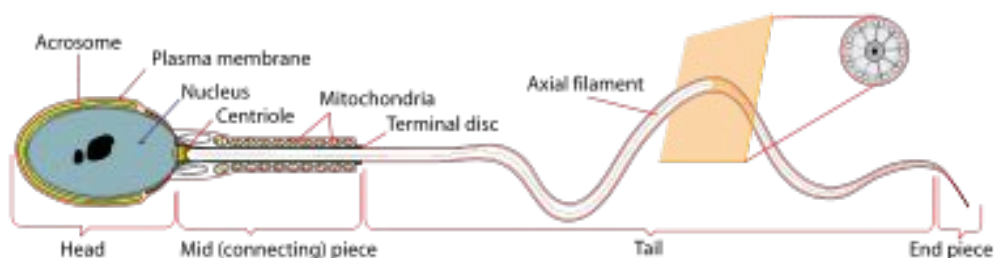
a) Spermatositogenesis (spermatocytogenesis) adalah proses pembelahan sel dari spermatogonium menjadi spermatid. Tahap ini dipengaruhi oleh sel sertoli, yaitu sel yang memberi nutrisi-nutrisi

kepada spermatogonia, sehingga dapat berkembang menjadi spermatosit. Peristiwa pembelahan spermatogonium menjadi spermatosit primer melalui proses mitosis, selanjutnya spermatosit melanjutkan pembelahan secara meiosis menjadi spermatosit sekunder dan spermatid.

- b) Spermiogenesis (spermiogenesis) adalah peristiwa perubahan spermatid menjadi sperma yang dewasa. Spermiogenesis terjadi di dalam epididimis dan membutuhkan waktu selama 2 hari. Terbagi menjadi 4 tahap, yaitu: 1) Pembentukan golgi, axonema dan kondensasi DNA, 2) Pembentukan cap akrosom, 3) pembentukan bagian ekor, 4) Maturasi, reduksi sitoplasma difagosit oleh sel Sertoli.
- c) Spermiasi (Spermiation) adalah peristiwa pelepasan sperma dewasa dari sel sertoli ke tubulus seminiferus selanjutnya ke epididimidis. Sperma belum memiliki kemampuan bergerak sendiri (non-motil). Sperma non motil ini ditranspor dalam cairan testicular hasil sekresi sel Sertoli dan bergerak menuju epididimis karena kontraksi otot peritubuler. Sperma baru mampu bergerak dalam saluran epidimis namun pergerakan sperma dalam saluran reproduksi pria bukan karena motilitas sperma sendiri melainkan karena kontraksi peristaltik otot saluran.



Pada bagian kepala spermatozoa yang telah matang, 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.



2) Spermatogenesis Aves

a) Spermatocytogenesis

Merupakan spermatogonia yang mengalami mitosis berkali-kali yang akan menjadi spermatosit primer. Spermatogonia merupakan struktur primitif dan dapat melakukan reproduksi (membelah) dengan cara mitosis. Spermatogonia ini mendapatkan nutrisi dari sel-sel sertoli dan berkembang menjadi spermatosit primer. Spermatosit primer mengandung kromosom diploid ($2n$) pada inti selnya dan mengalami meiosis. Satu spermatosit akan menghasilkan dua sel anak, yaitu spermatosit sekunder.

b) Tahapan Meiosis

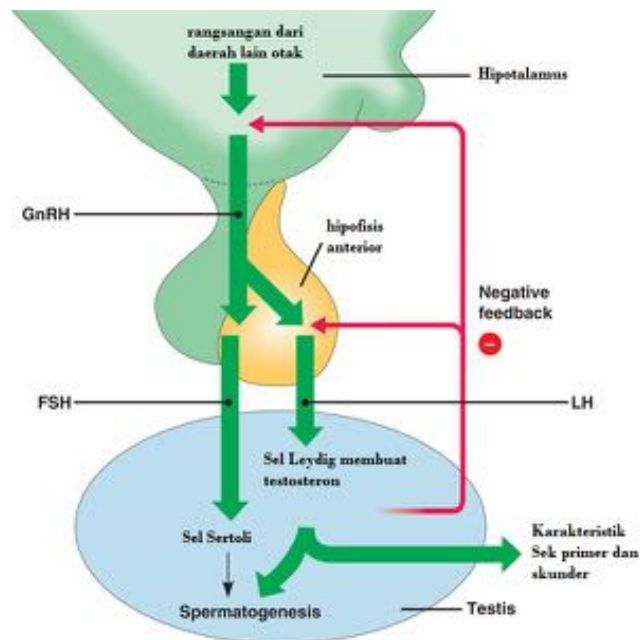
Spermatosit I (primer) menjauh dari lamina basalis, sitoplasma makin banyak dan segera mengalami meiosis I yang kemudian diikuti dengan meiosis II. Sitokenesis pada meiosis I dan II ternyata tidak membagi sel benih yang lengkap terpisah, tapi masih berhubungan sesame lewat suatu jembatan (Interceluler bridge). Dibandingkan dengan spermatosit I, spermatosit II memiliki inti yang gelap.

c) Tahapan Spermiogenesis

Merupakan transformasi spermatid menjadi spermatozoa yang meliputi 4 fase yaitu fase golgi, fase tutup, fase akrosom dan fase pematangan. Hasil akhir berupa empat spermatozoa masak. Dua spermatozoa akan membawa kromosom penentu jenis kelamin wanita "X". Apabila salah satu dari spermatozoa ini bersatu dengan ovum, maka pola sel somatik manusia yang 23 pasang kromosom itu akan dipertahankan. Spermatozoa masak terdiri dari :

- a. Kepala (caput), tidak hanya mengandung inti (nukleus) dengan kromosom dan bahan genetiknya, tetapi juga ditutup oleh akrosom yang mengandung enzim hialuronidase yang mempermudah fertilisasi ovum.
- b. Leher (servix), menghubungkan kepala dengan badan.
- c. Badan (corpus), bertanggungjawab untuk memproduksi tenaga yang dibutuhkan untuk motilitas.
- d. Ekor (cauda), berfungsi untuk mendorong spermatozoa masak ke dalam vas deferens dan ductus ejakulotorius.

4. Hormon yang Berperan dalam Proses Spermatogenesis



Hormon-hormon utama yang berperan dalam proses Spermatogenesis, yaitu Luteinizing Hormone (LH), Follicle Stimulating Hormone (FSH) dan Testosteron.

- Hormon LH akan merangsang sel leydig untuk menghasilkan hormon testosteron.
- Hormon 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.
- Hormon FSH menghasilkan ABP (Androgen Binding Protein) dengan mengontrol pematangan epitelium germinal dengan mempengaruhi langsung sel Sertoli dan menginduksi sel Sertoli untuk memproduksi protein yang akan memacu spermatogonium untuk memulai spermatogenesis.

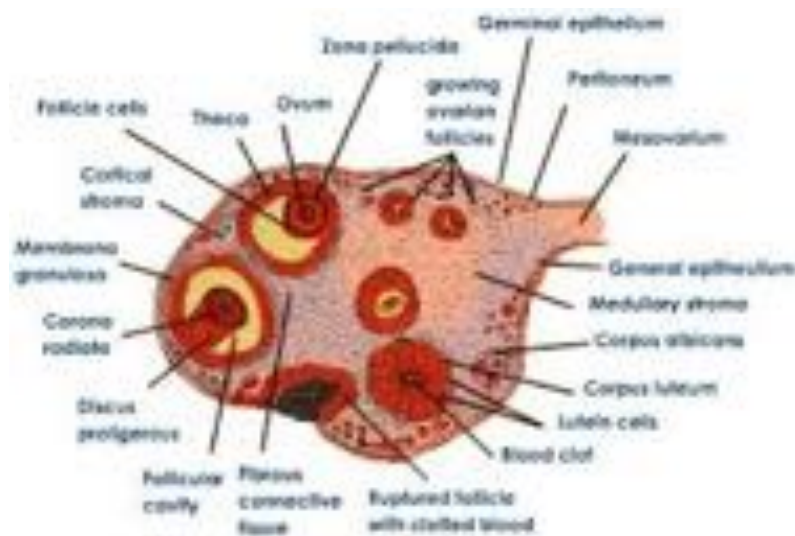
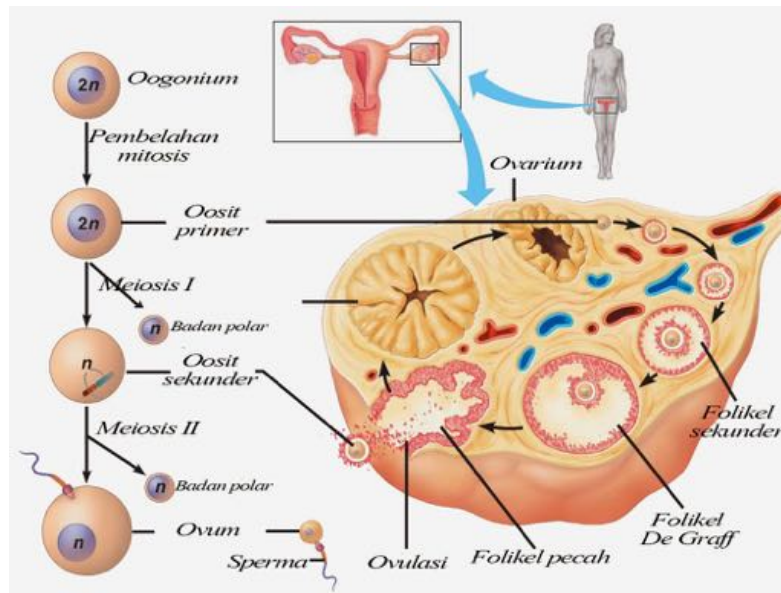
5. Pengertian Oogenesis

Oogenesis adalah proses pembentukan sel telur (ovum) di dalam ovarium. Oogenesis dimulai dengan pembentukan bakal sel-sel telur yang disebut oogonia

(tunggal: oogonium). Pembentukan sel telur pada manusia sudah diawali 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.

a. Proses Oogenesis

1. Oogenesis Mamalia



Ada 5 tahapan pada oogenesis, yaitu :

a. Oogonium

Oogonium awalnya berada di dalam ektoderm embrional dari saccus vitellinus (kantong kuning telur), dan berpindah ke epitelium germinativum kira-kira pada minggu ke 6 dalam kandungan. Tiap oogonium dikelilingi oleh sel-sel pregranulosa yang melindungi dan memberi nutrisi oogonium dan sekaligus membentuk folikel primordial.

b. Folikel Primordial

Folikel primordial yang terbentuk akan berpindah ke bagian stroma cortex ovarium dan folikel ini dihasilkan sebanyak 200.000 buah. Sejumlah folikel primordial berupaya berkembang selama dalam kandungan 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 Graaf terdapat sel kelamin yang disebut oosit primer.

c. 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.

d. 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.

e. 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.

2. Oogenesis Aves

a. Sel-Sel Kelamin Primordial

Sel-sel kelamin primordial mula-mula terlihat di dalam ektoderm embrional dari saccus vitellinus, dan mengadakan migrasi ke epitelium germinativum kira-kira pada minggu ke 6 kehidupan intrauteri. Masing-masing sel kelamin primordial (oogonium) dikelilingi oleh sel-sel pregranulosa yang melindungi dan memberi nutrisi oogonium dan secara bersama-sama membentuk folikel primordial.

b. Folikel Primordial

Folikel primordial mengadakan migrasi ke stroma cortex ovarium dan folikel ini dihasilkan sebanyak 200.000. Sejumlah folikel primordial berupaya berkembang selama kehidupan intrauteri dan selama masa kanak-kanak, tetapi tidak satupun mencapai pemasakan. Pada waktu pubertas satu folikel dapat menyelesaikan proses pemasakan dan disebut folikel de Graaf dimana didalamnya terdapat sel kelamin yang disebut oosit primer.

c. Oosit Primer

Inti (nukleus) oosit primer mengandung 23 pasang kromosom ($2n$). Satu pasang kromosom merupakan kromosom yang menentukan jenis kelamin, dan disebut kromosom XX. Kromosom-kromosom yang lain disebut autosom. Satu kromosom terdiri dari dua kromatin. Kromatin membawa gen-gen yang disebut DNA.

d. Pembelahan Meiosis Pertama

Meiosis terjadi di dalam ovarium ketika folikel de Graaf mengalami pemasakan dan selesai sebelum terjadi ovulasi. Inti oosit

atau ovum membelah sehingga kromosom terpisah dan terbentuk dua set yang masing-masing mengandung 23 kromosom. Satu set tetap lebih besar dibanding yang lain karena mengandung seluruh sitoplasma, sel ini disebut oosit sekunder. Sel yang lebih kecil disebut badan polar pertama. Kadang-kadang badan polar primer ini dapat membelah diri dan secara normal akan mengalami degenerasi. Pembelahan meiosis pertama ini menyebabkan adanya kromosom haploid pada oosit sekunder dan badan polar primer, juga terjadi pertukaran kromatid dan bahan genetiknya. Setiap kromosom masih membawa satu kromatid tanpa pertukaran, tetapi satu kromatid yang lain mengalami pertukaran dengan salah satu kromatid pada kromosom yang lain (pasangannya). Dengan demikian kedua sel tersebut mengandung jumlah kromosom yang sama, tetapi dengan bahan genetik yang polanya berbeda.

e. Oosit Sekunder

Pembelahan meiosis kedua biasanya terjadi hanya apabila kepala spermatozoa menembus zona pellucida oosit (ovum). Oosit sekunder membelah membentuk ovum masak dan satu badan polar lagi, sehingga terbentuk dua atau tiga badan polar dan satu ovum matur, semua mengandung bahan genetik yang berbeda. Ketiga badan polar tersebut secara normal mengalami degenerasi. Ovum yang masak yang telah mengalami fertilisasi mulai mengalami perkembangan embrional.

6. Hormon yang Berperan dalam Proses Oogenesis

Beberapa hormon yang berperan dalam proses pembentukan oogenesis yaitu : Gonadotropin Releasing Hormone (GnRH), Follicle Stimulating Hormone (FSH) dan Luteinizing Hormone (LH).

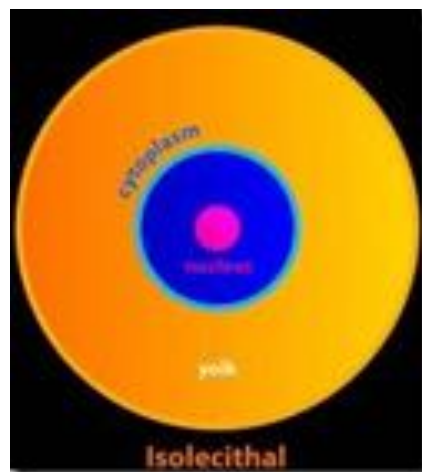
- a) Hipotalamus menghasilkan hormon GnRH (Gonadotropin Releasing Hormone) yang menstimulasi hipofisis mensekresi hormon FSH (Follicle Stimulating Hormone) dan LH (Luteinizing Hormone). FSH dan LH akan menyebabkan terjadi sekresi hormon estrogen dan progesteron.

- b) Hormon LH akan merangsang korpus luteum untuk menghasilkan hormon progesteron dan merangsang terjadinya ovulasi.
- c) hormon FSH akan merangsang ovulasi dan memicu folikel untuk membentuk estrogen, memacu perkembangan folikel.

7. Perbedaan Jenis Telur Berdasarkan Susunan Yolk dan Cara Pembelahannya

Cleavage atau pembelahan berbeda antara satu spesies dengan spesies lainnya. Perbedaan tersebut tergantung pada jenis telur dari spesiesnya masing-masing, karena dengan perbedaan jenis telurnya berbeda juga tipe atau jenis pembelahan yang berlangsung dan berbeda juga pada hasil pembelahannya. Tipe telur dibedakan berdasarkan jumlah dan letak yolk atau cadangan makanannya dan dibedakan menjadi 4 jenis:

- a) Isolesithal/ Homolesital



Tipe telur ini, penyebaran yolk atau cadangan makanannya tersebar merata diseluruh ovum dan jumlahnya sedikit dengan nukleus atau intiselnya berada ditengah. Jadi inti selnya dikelilingi oleh cadangan makanannya. Tipe telur ini terdapat pada Amphioxus, Echinodermata, Mollusca, Annelida dan Mamalia.

- b) Telolesithal/Mesolesital



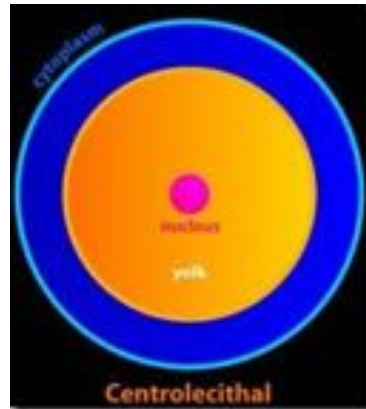
Tipe telur dengan letak dari yolk dan inti sel berada di dua kutub yang berlawanan dengan jumlah yolk yang sedikit. Kutub dengan konsentrasi yolk disebut kutub vegetatif sedangkan kutub dengan inti sel disebut kutub animalia. Jenis telur ini terdapat pada Amphibia, Lamprey dan Lungfish.

c) Telo-ekstrimlesithal (Megalesithal)



Yolk banyak sekali yang tersebar hampir semua bagian telur, sehingga inti sel berada terdesak dibagian ujung/atas dari ovum dan sitoplasmanya sedikit. Kutub vegetatifnya besar sedangkan kutub animalnya sangat kecil. Tipe telur ini terdapat pada Reptilia dan Aves.

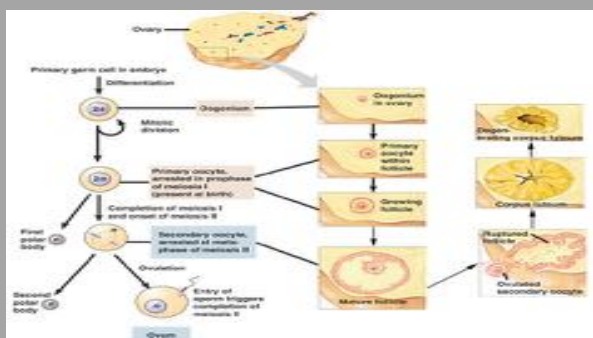
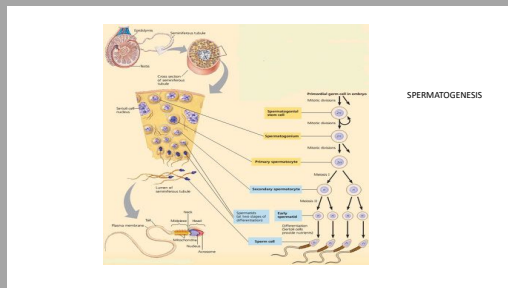
d) Centrolesithal



Merupakan tipe telur dengan yolk dan inti sel berada di tengah-tengah telur. Tipe telur ini terdapat pada Insecta.

TUGAS FORMATIF

Uraikan Kedua Proses Spermatogenesis Dan Oogenesis Pada Manusia Sesuai Dengan Gambar Berikut



Oogenesis

KEGIATAN BELAJAR 3

FERTILISASI

URAIAN MATERI

1. Pengertian 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. Fertilisasi mempunyai nilai penting yaitu untuk mengaktivasi sel telur untuk melanjutkan proses pembelahan sel. 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.

2. Macam-Macam Fertilisasi

Dibedakan berdasarkan tempat terjadinya fusi pronuclei antara gamet jantan dan gamet betina, yaitu:

a. Fertilisasi eksternal

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. 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.

b. Fertilisasi internal.

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. 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. Fertilisasi ini dilakukan oleh reptile, ungags, dan mamalia.

3. Fungsi Fertilisasi

Fertilisasi mempunyai dua fungsi utama, yaitu:

a. Fungsi reproduksi

Fungsi ini memungkinkan perpindahan unsur-unsur genetik dari kedua orang tua atau parentalnya. Jika pada proses pembentukan gamet terjadi reduksi unsur genetik dari diploid menjadi haploid, maka pada proses fertilisasi kemungkinan terjadi pemulihan kembali unsure genetiknya, sehingga diperoleh individu normal $2n$.

b. Fungsi perkembangan

Fungsi ini 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 akhirnya akan berkembang menjadi embryo dan fetus

4. Tahapan Fertilisasi

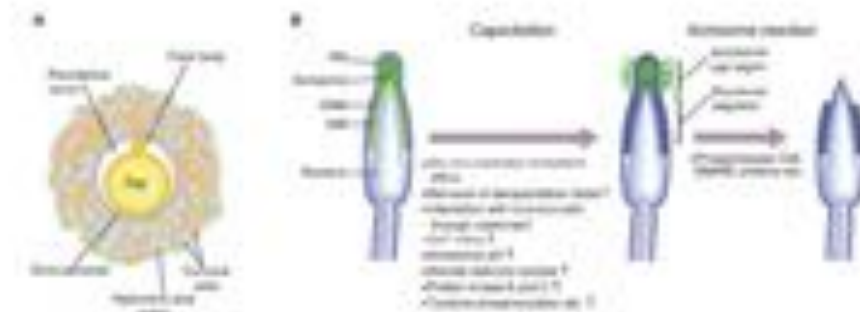
Sebelum fertilisasi dapat berlangsung, harus ada tahapan-tahapan persiapan dari ovum maupun spermatozoa. Setidaknya ada 4 tahapan fertilisasi.

a. Tahap persiapan: kapasitasi dan reaksi akrosom

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

Kapasitasi adalah serangkaian proses seluler serta perubahan fisiologi dari spermatozoa agar mempunyai kemampuan untuk membuahi sel telur. Proses kapasitasi memakan waktu sekitar 5-7 jam. Kapasitasi biasanya terjadi dibagian uterus dan oviduct dan difasilitasi dengan adanya cairan

dari saluran reproduksi betina. Pada tahap kapasitas ini terjadi: Peningkatan konsentrasi Ca^{2+} , motilitas spermatozoa meningkat, dan antigen yang berada dipermukaan spermatozoa menghilang sehingga memungkinkan spermatozoa lebih reseptif terhadap pengikatan sel telur. Dengan terjadinya kapasitas, memungkinkan timbulnya reaksi akrosom.



Gambar 18. Kapasitas spermatozoa sebelum melakukan fertilisasi.
Sumber: <http://dev.biol.kit.edu/content/140/21/4471/F1.expansion.html>

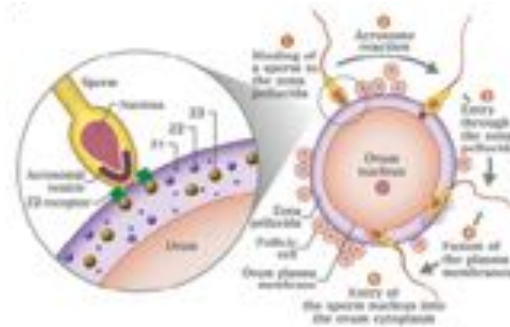
b. Tahap pengikatan spermatozoa dengan sel telur

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 $6.2 \mu\text{m}$ dengan kisaran berat

3.5 ng protein, yang dapat dibedakan lagi menjadi mZP1 (200kDa); 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 ZP1 Zona pelusida pada tikus disintesis di oosit yang sedang tumbuh (growing oocytes). Glikoprotein ZP3 mempunyai peranan sebagai reseptor spermatozoa dengan membentuk ikatan komplemen pada membrane 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), spermagglutination 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 reseptor kanal kation (sodium, potasium atau kalsium) disebabkan adanya perubahan potensial membran spermatozoa. Disamping itu, kanal kalsium menjadi sensitif oleh adanya perubahan potensial membran yang menyebabkan kalsium dapat masuk ke spermatozoa.



Gambar 29. 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 (ovum)

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 Nacetylglucoaminidase. Acrosin akan membuat lubang di bagian zona pelusida, sehingga spermatozoa dapat mencapai sel telur. Sementara, N-acetylglucoaminidase 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 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.

c. 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 membrane 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

d. 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 membrane plasma sel telur, inti sel spermatozoa, mitokondria, sentriol serta flagella dapat masuk ke dalam sel telur. Sementara itu badan basal flagella 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 influx Ca^{2+} dari defosit intraseluler yang akan menyebabkan perubahan pH karena adanya perbedaan konsentrasi Ca^{2+} .

Adanya effluks H^+ dan Influx 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 granula akan mencerna ZP2.



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

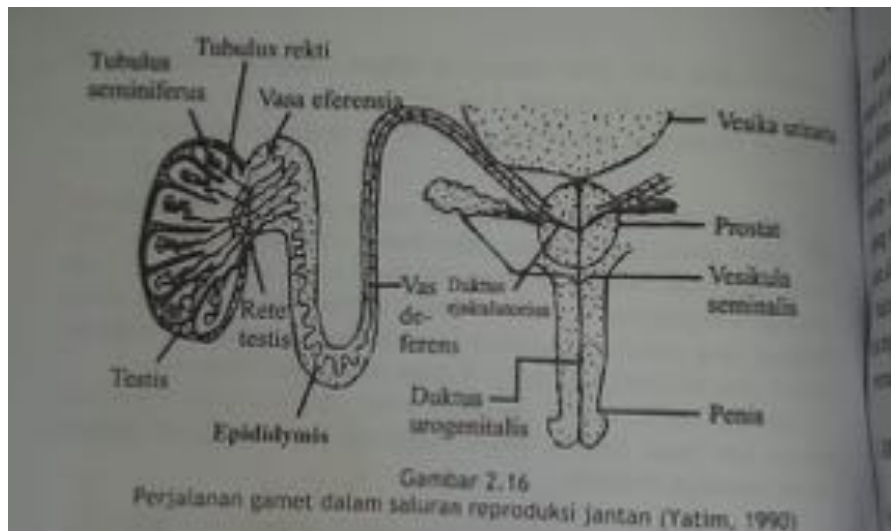
5. Perjalanan Sperma menuju tempat fertilisasi

a. Pergerakan sperma didalam reproduksi jantan

Sperma dan cairan mani yang dihasilkan testis akan bergerak dari lumen tubulus seminiferous menuju vas eferensia. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya plasma yang dihasilkan oleh sel Sertoli, menumpuknya sperma yang dihasilkan dan merembesnya cairan antar sel kedalam lumen tubulus. Lalu karena meningkatnya produk tubulus dan gerak silia dinding vas eferensia, maka mani akan bergerak masuk kedalam duktus epididymis. Sambil berjalan sperma mengalami proses pematangan. Dari epididymis mani bergerak menuju vas deferens, karena tekanan volume dari vasa eferensia, kontraksi otot dan penggetahan plasma dari dinding epididymis, serta kontraksi otot vas deferens yang sifatnya seperti pompa penghisap. Vas deferens pada banyak hewan berfungsi sebagai tempat penyimpanan sperma sampai berbulan-bulan, bahkan pada ikan bisa satu tahun lamanya. Vesikula seminalis menggetahkan cairannya kedalam saluran ini. Vas deferens bagian distal disebut sebagai **ampula** dan berfungsi sebagai tempat mani sementara. Dari ampula ini mani akan memasuki duktus ejakulasi yang memiliki otot lebih tebal dibanding saluran lainnya. Duktus ini dapat berkontraksi dengan kuat pada saat ejakulasi (koitus) dan bermuara pada ureter. Pada hewan dengan pembuahan di luar, sperma dikeluarkan di dekat sel-sel telur yang dikeluarkan betinanya.

Untuk selanjutnya sperma akan bergerak menuju sel telur guna membuahnya. Untuk hewan dengan fertilisasi didalam, mani dikeluarkan melalui alat pengantar yang dimasukkan atau terjadi kontak ketat dengan vulva betina. Alat pengantar mani bisa berupa sirip anal atau sirip pelvis

yang berubah bentuk (pada ikan hiu dan gabus), berupa kloaka (reptile dan aves) atau berupa penis (mamalia).



b. Pergerakan sperma didalam reproduksi betina

Setelah mani dimasukan kedalam saluran kelamin betina, maka sperma akan bergerak menuju pembuahan. Pergerakan sperma menuju tempat pembuahan dibantu oleh adanya gerak antiperistaltik saluran kelamin, dan kayuhan silia dari uterus dan oviduk (tuba). Lama perjalanan sperma menuju tempat pembuahan berbeda-beda tiap hewan. Pada tikus, mencit, dan domba diperlukan waku $\pm$ 15 menit, pada manusia sekitar 30 menit hingga 3 jam, dan pada kelinci atau ayam sekitar 1 jam. Ada beberapa tempat terjadinya pembuahan pada saluran kelamin betina dan biasanya tetap untuk setiap kelompok hewan, yaitu:

- 1) Pada bagian posterior oviduk (urodela dan beberapa anura)
- 2) Di anterior oviduk (reptile, aves, elasmobranchi, dan mamalia)
- 3) Pada rongga peritoneum (beberapa urodela dan aves)

6. Mortalitas

Motilitas spermatozoa adalah pergerakan aktif spermatozoa yang dilihat secara mikroskopis. Motilitas spermatozoa merupakan salah satu penentu seorang pria dianggap subur atau fertil. Dikatakan subur apabila jumlah spermatozoa yang motil adalah minimal enam puluh persen dari jumlah total spermatozoa. Motilitas spermatozoa yang normal akan bergerak cepat,

lurus kedepan. Pergerakan ini dilakukan oleh flagel. Gerakan spermatozoa terlihat seperti gerakan cambuk.

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi motilitas spermatozoa antara lain :

1) Nutrisi

Nutrisi atau makanan adalah salah satu hal yang dapat mempengaruhi motilitas spermatozoa. Nutrisi dapat memberikan dampak yang positif dan dampak yang negatif bagi motilitas spermatozoa. Nutrisi yang dapat memberikan dampak positif, yaitu makanan yang mengandung antioksidan, karena antioksidan dapat menangkal dan mereduksi radikal bebas atau senyawa ROS.

2) Polutan (Asap Kendaraan)

Sumber polusi terbesar dihasilkan asap kendaraan bermotor yang mencapai 70%. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan berbagai gangguan kesehatan bagi masyarakat pengguna jalan dan mereka yang beraktivitas di dekat sumber polusi merupakan kelompok yang rentan terkena dampaknya.

3) Radiasi Ponsel

Radiasi gelombang elektromagnetik dari ponsel dapat mengakibatkan menurunnya jumlah dan kualitas spermatozoa pada laki-laki fertil pengguna ponsel, tetapi tidak sampai menyebabkan infertilitas. Mekanisme gangguan ini memungkinkan terjadi melalui penurunan integritas membrane sperma, hambatan produksi, dan sekresi hormon gonadotropin.

4) Suhu

Salah satu faktor suhu lingkungan cukup besar memegang peranan dalam proses spermatogenesis. Spermatogenesis akan terganggu atau terhambat apabila terjadi peningkatan suhu testis beberapa derajat saja dari temperatur normal testis, yaitu 35°C.

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi pergerakan sperma di saluran reproduksi jantan dan betina.

Beberapa peneliti menyatakan bahwa kemampuan spermatozoa untuk mencapai tempat fertilisasi adalah karena pergerakan spermatozoa itu sendiri, sedangkan pendapat lain menyatakan bahwa itu akibat pengaruh

saluran reproduksi betina. Beberapa factor fisiologi yang berpengaruh terhadap kecepatan perjalanan spermatozoa adalah volume ejakulat, tempat deposisi, dan anatomi saluran reproduksi betina. Lama waktu yang dibutuhkan spermatozoa agar sampai ke tempat fertilisasi berkisar antara 2-60 menit.

7. Perjalanan Ovum Di Dalam Saluran Reproduksi Betina.

Pada waktu ovum di ovulasikan, maka ovum akan dilepaskan ke dalam rongga peritoneum. Dari sini ovum akan masuk ke infundibulum yang dengan fimbriaenya aktif melingkup ovarium dan mengisap ovum yang diovulasikan. Dari infundibulum ovum bergerak sepanjang oviduk, kemudian ke uterus dengan bantuan kontraksi otot dan kayuhan silia pada dinding oviduk. Pada hewan yang pembuahannya diluar. Ovum akan dipancarkan keluar tubuh dengan adanya kontraksi dinding uterus dibantu oleh gerakan saluran pencernaan.

8. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pergerakan Ovum Di Dalam Saluran Reproduksi Betina.

a. Usia

Usia yang bertambah, otomatis akan membuat tingkat kesuburan wanita menurun. Ketika menginjak usia 50-an, maka wanita akan mengalami menopause, sehingga membuatnya tidak bisa lagi memproduksi sel telur untuk hamil. Tetapi beberapa tahun sebelum menopause, wanita dapat mengalami gangguan kesuburan karena jumlah sel telurnya berkurang. Walaupun belum ditentukan angka yang pasti kapan kesuburan wanita berkurang, tapi sebagian besar dokter berpendapat bahwa menginjak usia 35 tahun ke atas, peluang wanita untuk hamil semakin menurun.

b. Berat Badan

Faktor lainnya yang turut memengaruhi kesuburan wanita adalah berat badan. Wanita yang mengalami obesitas dan memiliki banyak lemak dalam tubuhnya, akan memengaruhi produksi hormonnya, sehingga menyebabkan ia menjadi sulit hamil. Wanita yang terlalu kurus juga dapat

berpengaruh kepada hormonnya, sehingga menyebabkan masa mentruasinya tidak teratur yang berakibat menjadi sulit hamil.

c. Merokok

Kebiasaan ini dapat memberi pengaruh buruk terhadap kesuburan wanita, yaitu menyebabkan gangguan pada serviks dan tabung saluran indung telur, serta meningkatkan risiko keguguran. Rokok dapat membuat peluang wanita untuk hamil menurun, karena kandungan zat kimia pada rokok membuat indung telur mengalami penuaan lebih awal dan menghabiskan sel telur sebelum waktunya.

d. Alkohol

Wanita yang banyak mengonsumsi alkohol berisiko mengalami gangguan ovulasi atau endometriosis.

e. Zat Kimia

Hati-hati memilih produk kecantikan. Karena zat kimia yang sering ditemukan di kosmetik, yaitu phthalates dapat memengaruhi hormon dalam tubuh yang menyebabkan wanita sulit hamil.

f. Faktor Genetik

Pada faktor ini, peran ibu lah yang paling berpengaruh terhadap kesuburan wanita. Jika ibu mengalami menopause dalam usia yang masih muda, bisa jadi anak perempuannya memiliki jumlah sel telur yang sedikit.

g. Olahraga Berat

Berolahraga secara rutin sangat baik untuk kesehatan wanita, bahkan dapat membantu melancarkan proses mentruasi. Namun, jika wanita melakukan olahraga terlalu berat, maka dapat membuat siklus menstruasinya menjadi terganggu, sehingga berdampak buruk pada proses ovulasi.

h. Kafein

Terlalu banyak mengonsumsi kafein juga berdampak kurang baik untuk wanita. Kandungan tersebut dapat mengganggu kontraksi otot yang membuat sel telur berpindah dari ovarium ke rahim, melalui tuba falopi.

i. Faktor Dalam Tubuh

Selain faktor-faktor dari luar, kondisi dalam tubuh wanita juga berpengaruh terhadap tingkat kesuburannya. Berikut gangguan kesehatan yang dapat menyebabkan infertilitas atau sulit hamil:

j. Gangguan Ovulasi

Penyebab infertilitas pada wanita yang paling umum adalah adanya gangguan pada pelepasan sel telur secara berkala atau gangguan ovulasi. Gangguan ini menyebabkan wanita tidak lagi melepaskan sel telur, atau sel telur dilepaskan dalam jarak waktu yang lebih lama dari yang seharusnya.

Kondisi yang dapat menyebabkan gangguan ini adalah

- Sindrom PCOS atau sindrom ovary polistik,
- Gangguan tiroid yaitu gangguan pada kelenjar yang terletak di bawah jakun,
- Kondisi dimana indung telur seorang wanita berhenti memproduksi sebelum usia 40 tahun, yang dinamakan kegagalan ovarium premature.

k. Gangguan Lendir Serviks

Pada saat proses ovulasi, lendir serviks seorang wanita secara otomatis menipis untuk memudahkan sperma bergerak dan menghampiri sel telur. Namun, jika lendir serviks yang diproduksi tidak normal atau terdapat gangguan, maka proses ovulasi menjadi sulit dan menghambat terjadinya kehamilan.

l. Rusaknya Tabung Saluran Indung Telur

Wanita yang tabung saluran indung telurnya tersumbat atau rusak, akan menyebabkan sperma sulit membuahi sel telur atau menghambat gerak sel telur yang sudah dibuahi ke dalam rahim. Kerusakan ini disebabkan karena:

- Penyakit radang panggul
- Pernah menjalani operasi pada panggul atau rongga panggul
- Tuberkulosis pada panggul

9. Menjelaskan Tahapan Pada Proses Fertilisasi Hewan.

a. Fertilisasi Amphibi

Pada katak. Saat akan melakukan fertilisasi, katak jantan akan menempel pada punggung betina sambil menekan perut betina dengan menggunakan kaki bagian depan dan merangsang pengeluaran telur kedalam air. Setiap telur yang dikeluarkan diseliputi oleh selaput telur

(membran vitelin). Hal tersebut dikenal dengan amplexus. Bersamaan dengan itu, katak jantan akan mengeluarkan sperma untuk membuahi sel telur tersebut, sehingga terjadilah fertilisasi. Pada saat bereproduksi katak dewasa akan mencari lingkungan yang berair. Disana mereka meletakkan telurnya untuk dibuahi secara eksternal.

Selaput telur membran vitelin). Hal tersebut dikenal dengan amplexus. Bersamaan dengan itu, katak jantan akan mengeluarkan sperma untuk membuahi sel telur tersebut, sehingga terjadilah fertilisasi. Pada saat bereproduksi katak dewasa akan mencari lingkungan yang berair. Disana mereka meletakkan telurnya untuk dibuahi secara eksternal. Telur tersebut berkembang menjadi larva dan mencari nutrisi yang dibutuhkan dari lingkungannya, kemudian berkembang menjadi dewasa dengan bentuk tubuh yang memungkinkannya hidup di darat, sebuah proses yang dikenal dengan metamorphosis.

b. Fertilisasi Ikan

Pada ikan yang pembuahannya secara eksternal, ikan betina tidak mengeluarkan telur yang bercangkang, namun mengeluarkan ovum yang tidak akan berkembang lebih lanjut apabila tidak dibuahi oleh sperma. Ovum tersebut dikeluarkan dari ovarium melalui oviduk dan dikeluarkan melalui kloaka. Saat akan bertelur, ikan betina mencari tempat yang rimbun oleh tumbuhan air atau diantara bebatuan di dalam air. Bersamaan dengan itu, ikan jantan juga mengeluarkan sperma dari testis yang disalurkan melalui saluran urogenital (saluran kemih sekaligus saluran sperma) dan keluar melalui kloaka, sehingga terjadi fertilisasi di dalam air (fertilisasi eksternal). Peristiwa ini terus berlangsung sampai ratusan ovum yang dibuahi melekat pada tumbuhan air atau pada celah batuan.

c. Fertilisasi Reptil

Kelompok reptil seperti kadal, ular dan kura-kura merupakan hewan-hewan yang fertilisasinya terjadi di dalam tubuh (fertilisasi internal). Umumnya reptil bersifat ovipar, namun ada juga reptil yang bersifat ovovivipar, seperti ular garter dan kadal. Telur ular garter atau kadal akan menetas di dalam tubuh induk betinanya. Namun makanannya diperoleh dari cadangan makanan yang ada dalam telur. Reptil betina menghasilkan ovum di dalam ovarium. Ovum kemudian bergerak di sepanjang oviduk

menuju kloaka. Reptil jantan menghasilkan sperma di dalam testis. Sperma bergerak di sepanjang saluran yang langsung berhubungan dengan testis, yaitu epididimis. Dari epididimis sperma bergerak menuju vas deferens dan berakhir di hemipenis. Hemipenis merupakan dua penis yang dihubungkan oleh satu testis yang dapat dibolak-balik seperti jari-jari pada sarung tangan karet. Pada saat kelompok hewan reptil mengadakan kopulasi, hanya satu hemipenis saja yang dimasukkan ke dalam saluran kelamin betina.

d. Fertilisasi Mamalia

Semua jenis mamalia, misalnya sapi, kambing dan marmut merupakan hewan vivipara (kecuali Platypus). Mamalia jantan dan betina memiliki alat kelamin luar, sehingga pembuahannya bersifat internal. Mamalia jantan mengawini mamalia betina dengan cara memasukkan alat kelamin jantan (penis) ke dalam liang alat kelamin betina (vagina). Ovarium menghasilkan ovum yang kemudian bergerak di sepanjang oviduk menuju uterus. Setelah uterus, terdapat serviks (liang rahim) yang berakhir pada vagina. Sperma yang dihasilkan testis disalurkan melalui vas deferens yang bersatu dengan ureter. Pada pangkal ureter juga bermuara saluran prostat dari kelenjar prostat.

Kelenjar prostat menghasilkan cairan yang merupakan media tempat hidup sperma. Ovum yang dibuahi sperma akan membentuk zigot. Zigot akan berkembang menjadi embrio dan fetus. Lamanya fertilisasi dari penetrasi sel spermatozoa sampai waktu pembelahan sel pertama, kemungkinan besar memerlukan waktu tidak lebih dari 24 jam. Lama pembuahan dihitung berdasarkan waktu yang diperlukan sejak masuknya sel sperma ke dalam sel telur sampai dimulainya pembelahan zigot. Pada mamalia, satu sel spermatozoa diperlukan untuk pembuahan, oleh karena itu untuk mencegah masuknya sel spermatozoa yang lain, sel telur mempunyai dua sistem pertahanan, yaitu zona pellusida dan membran vitelin. Zona pellusida akan mengalami perubahan akibat melekatnya sel spermatozoa ke dalam membran vitelin. Perubahan ini mengakibatkan butir-butir korteks (cortical granules) yang terdapat pada membra vitellin dilepaskan ke arah zona pellusida, sehingga ruang perivitelin makin lama makin meluas dan perluasannya dimulai dari tempat sel spermatozoa masuk.

b. Fertilisasi Unggas

Kelompok unggas merupakan kelompok ovipar, yang walaupun tidak memiliki alat kelamin luar tetapi fertilisasi tetap berada di dalam tubuh dengan cara menempelkan kloaka masing-masing. Unggas betina hanya mempunyai satu ovarium, yaitu ovarium kiri. Sedangkan ovarium kanan tidak tumbuh sempurna dan mengecil (rudimenter). Pada ovarium melekat suatu bentukan seperti corong yang berfungsi sebagai penerima ovum yang kemudian akan dilanjutkan oleh oviduk. Ujung oviduk membesar menjadi uterus yang akan bermuara pada kloaka. Unggas jantan mempunyai sepasang testis yang letaknya berhimpit dengan ureter dan bermuara pada kloaka. Fertilisasi akan berlangsung pada ujung oviduk. Ovum yang telah dibuahi akan bergerak mendekati kloaka dan dikelilingi oleh cangkang yang tersusun oleh zat kapur. Hanya beberapa sel sperma yang mampu mendekati ovum dan hanya beberapa sperma yang mampu menembus zona pellucida, akhirnya hanya satu sperma yang dapat membuahi ovum (Nalbandov, 1990). Pada unggas, setelah terjadi perkawinan sperma akan mencapai infundibulum dan akan menembus membran vitellin ovum, sehingga terbentuk calon embrio.

10. Membandingkan Proses Fertilisasi Pada Bulu Babi Dan Mamalia.

a. Fertilisasi pada Bulu Babi

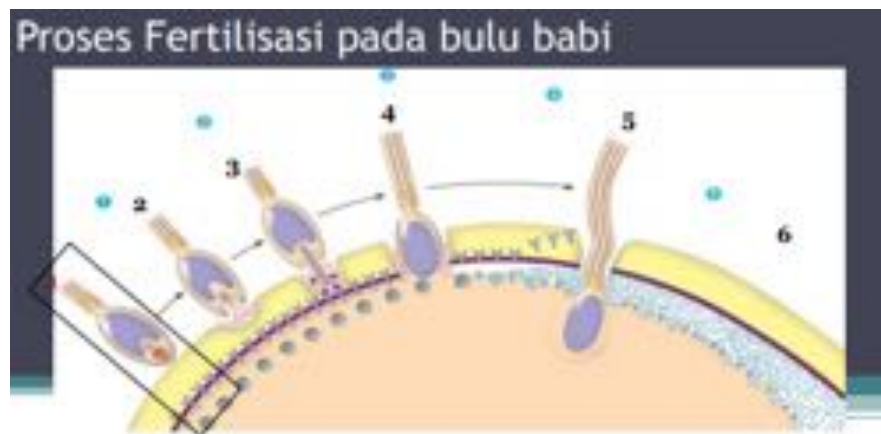
Fertilisasi pada bulu babi terjadi di luar tubuh. Setelah telur dikeluarkan oleh hewan betina dan sperma dipancarkan dari hewan jantan, maka sperma akan bergerak menuju sel telur. Pergerakan ini disebabkan oleh adanya atraktan berupa speract (pada spesies *Strongylocentrotus purpuratus*) atau resact (*Arbacia punctulata*) yang terdapat pada selaput telurnya.

Setelah terjadi pertemuan antara ovum dengan sperma, maka terjadilah reaksi akrosom. Pada umumnya reaksi akrosom terdiri atas 2 tahap, yaitu pecahnya 2 gelembung akrosom dan terbentuknya prosesus akrosom.

Pada waktu sperma menempel pada selaput luar telur (selubung lender), maka segera terjadi peningkatan permeabilitas membrane sperma terhadap ion kalsium (Ca^{2+}), sehingga konsentrasinya meningkat di dalam

sperma. Hal ini menyebabkan fusi lokal antara membrane plasma dengan membrane akrosom, sehingga gelembung akrosom pecah dan mengeluarkan isinya (enzim pencerna/akrosin). Bersamaan dengan itu, Na^+ masuk disertai keluarnya H^+ , sehingga pH internal sperma meningkat. Peningkatan pH ini menstimulir polimerasi g-aktin (aktin globuler) menjadi f-aktin (aktin bentuk filamen) yang menyebabkan terbentuknya prosesus akrosom.

Dengan adanya akrosin maka selaput lendir pada ovum akan dicerna sehingga prosesus akrosom akan mencapai membran vitelin. Pada saat ini terjadi pengenalan yang bersifat spesifik spesies.



Pada permukaan prosesus akrosom terdapat molekul bindin yang berpasangan dengan molekul glikoprotein yang terdapat pada membrane vitelin yang berfungsi sebagai respetor bindin.

Setelah itu enzim lysin (dari akrosom) akan mencerna membran vitelin sehingga sperma dapat menembusnya, dan sperma menempel pada membrane plasma ovum. Fusi ini menyebabkan mikrovili di dekat kepala sperma berlaku seperti menelan sperma. Kejadian tersebut menyebabkan terbentuknya tonjolan pada membran ovum, yang dikenal dengan kerucut fertilisasi (*fertilization cone*). Selanjutnya, kerucut fertilisasi akan menarik sperma masuk ke dalam ovum.

a. Pencegahan polispermi

Polispermi adalah masuknya lebih dari 1 sperma ke dalam ovum. Pada kebanyakan spesies hewan, polispermi sangat merugikan kelangsungan hidupnya, misalnya pada bulu babi. Dengan masuknya 2 sperma pada ovum bulu babi, menyebabkan proses kariokinesisnya menjadi kacau. Karena dengan masuknya 2 inti sperma, menyebabkan terdapatnya 2 sentriol (dari sperma) dan 3 perangkat kromosom (triploid). Oleh karena itu, mekanisme kariokinesis menjadi kacau dan pembagian kromosom tidak akan sama, karena kromosom akan tertarik ke dalam 4 kutub yang berbeda.

Pencegahan polispermi pada bulu babi dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan cara cepat dan lambat.

1) Pencegahan polispermi cara cepat

Membrane sel telur mempunyai kemampuan untuk berfusi dengan sperma, tetapi kemampuan tersebut akan hilang sementara setelah ditembus sebuah sperma. Hal ini terjadi karena perubahan potensial listrik pada membrane ovum (depolarisasi), yang disebabkan oleh influks ion natrium (Na^+) ke dalam ovum. Pencegahan dengan cara ini terjadi sangat cepat (2-3 detik) setelah ovum ditembus sperma, tetapi berlangsung dengan sangat singkat, yaitu hanya sekitar 60 detik saja. Biasanya dengan berakhirnya cara cepat ini diikuti dengan pencegahan cara lambat tetapi permanen.

2) Tepat di bawah membran sel telur bulu babi terdapat lebih kurang 15.000 granula korteks yang berdiameter sekitar 1 mikron. Granula korteks ini berisi campuran enzim, protein struktural, dan mukopolisakarida sulfat (glikosaminoglikan). Pencegahan lambat ini didahului dengan reaksi korteks. Ketika sperma menembus ovum, terjadilah mobilisasi ion kalsium (Ca^{2+}) dari tempat penyimpanannya di dalam ovum ke daerah tempat masuknya sperma. Selanjutnya terjadi gelombang pembebasan ion kalsium yang menyebar ke seluruh bagian sel telur. Dengan adanya ion kalsium ini granula korteks akan bergerak menuju bergerak menuju permukaan dalam membran plasma, berfusi dengan membran plasma dan isinya akan dikeluarkan di antara membran plasma dengan membran vitelin. Fusi membran granula korteks dengan membran plasma ovum menyebabkan luas membran

plasma ovum berlipat ganda, sehingga membentuk mikrovili. Tahap selanjutnya adalah pecahnya hubungan molekuler antara membran vitelin dengan membran plasma oleh enzim proteolitik dari granula korteks. Pada waktu yang bersamaan mukopolisakarida sulfat, yang mempunyai afinitas tinggi terhadap air mulai mengembang, menyebabkan membran vitelin menjauh dari membran plasma. Dengan demikian terbentuklah membran fertilisasi. membran fertilisasi adalah nama baru bagi membran vitelin setelah terjadinya reaksi korteks. Mukopolisakarida yang terhidrasi ini akan membentuk lapisan hialin di antara membran plasma dengan membran fertilisasi.

Pada saat pembentukan membran vitelin, enzim lainnya dari granula korteks mengubah reseptor pada membran vitelin (membran fertilisasi), maka membran tersebut menjadi tidak dapat bergabung dengan membran sperma lainnya.

Tahap akhir dari reaksi pencegahan cara lambat adalah adanya pelepasan enzim ovoperoksida dari granula korteks. Hydrogen peroksida (H_2O_2) merupakan oksida kuat, yang dilepaskan ovum pada saat terjadinya reaksi korteks. Penguraian H_2O_2 di sekitar membran fertilisasi dengan bantuan enzim ovoperoksida, menyebabkan perubahan pada protein membran, sehingga membran fertilisasi mengeras. Pengaruh H_2O_2 lainnya terhadap sperma adalah bersifat bersifat spermisida (membunuh sperma), untuk sperma tambahan yang berhasil melewati membran vitelin pada saat membran fertilisasi belum terbentuk. Sperma tambahan ini mungkin terjadi pada tenggang waktu ketika hambatan cepat berakhir tetapi hambatan lambat belum terbentuk.

3) Pengaktifan metabolisme sel telur dan fusi pronucleus

Fungsi utama sperma pada tahap permulaan fertilisasi adalah mengaktifkan metabolisme ovum. Setelah kepala sperma masuk ke dalam ovum, membran inti sperma akan melebur. Bahan inti berinteraksi dengan sitoplasma ovum dan kromatin mulai meregang. Bahan inti berinteraksi dengan sitoplasma ovum dan kromatin mulai meregang. Menjelang berakhirnya peregangan kromatin, membran inti baru terbentuk. Dengan demikian inti sperma sekarang disebut

pronukleus jantan. Dari bagian sperma lainnya hanya sentriol yang dipertahankan dan akan menjadi aster (benang gelondong) yang berperan penting dalam mempertemukan pronukleus jantan dan pronukleus betina. Pada ovum bulu babi, pembelahan meiosis kedua telah berakhir sebelum telur tersebut kontak dengan sperma. Hal ini sangat berbeda dengan ovum mamalia, dimana meiosisnya belum berakhir sampai sperma menembusnya. Dengan aster sperma, pronukleus betina akan digerakkan ke bagian tengah ovum mendekati pronukleus jantan. Setelah kedua pronukleus bertemu, kedua membran pronukleus melebur sehingga isi dari keduanya menyatu proses ini disebut peleburan pronukleus (amfimiksis).

Tidak lama setelah terjadinya peleburan pronukleus, terjadilah replikasi DNA untuk mempersiapkan pembelahan zigot yang pertama. Dengan demikian berakhirilah proses fertilisasi untuk kemudian zigot memulai periode pembelahan.

b. Fertilisasi Pada Mamalia

Pada saat sperma masuk melalui saluran kemih betina, terjadilah proses kaptasi yang memberikan kekuatan bagi sperma untuk melakukan reaksi akrosom. Tanpa kaptasi reaksi akrosom tidak akan terjadi. Waktu yang diperlukan oleh sperma untuk kaptasi bervariasi (pada mencit kurang dari 1 jam dan pada primata serta manusia antara 5-6 jam). Pada proses kaptasi terjadi pelepasan glikoprotein yang menyelaputi sperma dan perubahan membran plasma sperma.

Sperma yang tidak terlibat dalam proses fertilisasi akan dibersihkan dari saluran kelamin betina. Sperma yang berada di rongga uterus biasanya akan dikeluarkan lewat vagina, sedangkan yang berada di bagian oviduk akan dimakan oleh sel-sel fagosit.

Pada kebanyakan mamalia termasuk manusia, ovum yang telah diovasikan harus dibuahi dalam 24 jam. Jika tidak, maka fertilitas dan viabilitasnya akan sangat menurun. Kemampuan gerak sperma tidak sama dengan fertilitasnya, karena pada kenyataannya kemampuan gerak sperma lebih lama dibandingkan fertilitasnya.

1) Penembusan ovum oleh sperma

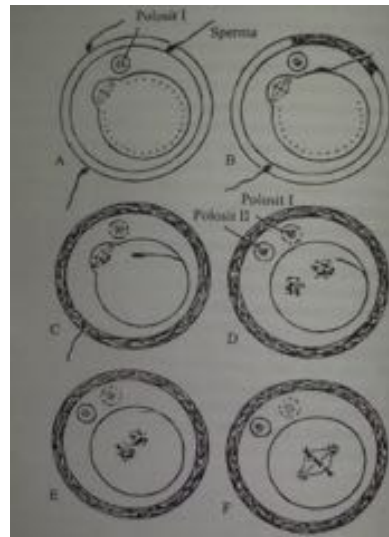
Fertilisasi pada mamalia terjadi di bagian anterior oviduk. Ovum yang telah diovulasikan berada di oviduk diselaputi oleh korona radiata, zona pelusida, dan membran plasma. Sperma yang telah berhasil mencapai telur, terlebih dahulu harus menembus korona radiata. Untuk itu sperma melakukan reaksi akrosom. Enzim hyaluronidase yang dikeluarkan akrosom akan melarutkan matriks ekstraseluler di sekitar sel-sel korona radiata. Dengan demikian sperma dapat bergerak masuk dan mencapai zona pelusida. Selanjutnya akrosin akan mencerna zona pelusida, sehingga sperma dan dengan gerakan ekornya akan memasuki rongga perivitelin (rongga antara zona pelusida dengan membran ovum). Ketika membran sperma bertemu membran ovum, maka sitoplasma ovum membentuk kerucut fertilisasi. Kedua membran tersebut kemudian berfusi dan kerucut fertilisasi menarik sperma hingga masuk ke dalam ovum.

2) Pencegahan polispermi

Seperti pada bulu babi, pencegahan polispermi terjadi setelah ovum ditembus oleh sebuah sperma. Pencegahan polispermi ini mirip dengan pencegahan pada bulu babi. Pencegahan lambat terjadi melalui reaksi korteks.

3) Fusi pronukleus

Dengan masuknya sperma ke dalam ovum, penahanan meiosis kedua pada oosit berakhir dan meiosis dilanjutkan sehingga terbentuk polosit II dan inti ovum yang haploid (pronukleus betina). Segera setelah sperma masuk ke dalam ovum, membran inti sperma hancur dan kandungan inti sperma berinteraksi dengan sitoplasma ovum. Dengan demikian kromatin dari inti sperma meregang. Selanjutnya terbentuk membran inti baru sehingga dihasilkan pronukleus jantan. Pronukleus jantan dan betina kemudian saling mendekat. Sintesis DNA terjadi Ketika kromosom dalam bentuk haploid. Hal ini berbeda dengan bulu babi, sehingga ketika terjadi peleburan, membran pronukleus maka kromosom langsung menyusun diri pada posisi metaphase.



KEGIATAN BELAJAR 4

ORGANOGENESIS

URAIAN MATERI

1. Pengertian Organogenesis

Organogenesis adalah proses pembentukan organ-organ tubuh pada makhluk hidup. Organ yang dibentuk ini berasal dari masing-masing lapisan dinding tubuh embrio pada fase gastrula, yaitu endoderm, mesoderm, dan ektoderm. Suatu organ dikatakan turunan/derivate dari suatu lapisan germinal. Lapisan ectoderm akan berdiferensiasi menjadi cor(jantung), otak(sistem saraf), integument(kulit), rambut dan alat indera. Lapisan mesoderm akan berdiferensiasi menjadi otot, rangka(tulang /osteon), alat reproduksi (testis dan ovarium), alat peredaran darah dan alat ekskresi seperti ginjal. Akan berdiferensiasi menjadi alat pencernaan, kelenjar pencernaan, dan alat respirasi seperti pulmo.

Organogenesis terdiri dari dua periode, yaitu pertumbuhan awal dan pertumbuhan akhir. Pada periode pertumbuhan awal atau transisi terjadi transformasi dan diferensiasi bagian-bagian tubuh embrio dari bentuk primitif menjadi bentuk definitif. Pada periode ini embrio akan memiliki bentuk yang khas bagi suatu spesies. Pada periode pertumbuhan akhir, penyelesaian secara halus bentuk definitif menjadi ciri suatu individu, seperti jenis kelamin, watak (karakter fisik dan psikis) serta wajah yang khas bagi setiap individu(Wildan yatim,1984).

Histogenesis adalah suatu proses diferensiasi dari sel yang semula belum mempunyai fungsi menjadi sel yang mempunyai fungsi khusus. Dengan kata lain, histogenesis adalah diferensiasi kelompok sel menjadi jaringan, organ, atau organ tambahan. Sistem saraf terdiri atas sistem saraf pusat(ssp) dan sistem saraf tepi(perifer), yaitu sistem saraf kranial, spinal, dan autonomy. SSP berasal dari buncung neural yang dihasilkan oleh proses neurulasi.

Organ-organ turunan mesoderm, diantaranya ialah ginjal, dan gonad beserta saluran-salurannya, jantung dan pembuluh darah, anggota badan dan vertebrata. Terdapat tiga macam ginjal, berdasarkan kesempurnaan perkembangannya yaitu pronefros, mesonefros, metanefros. Tubulasi adalah pertumbuhan yang mengiringi pembentukan gastrula atau disebut juga dengan pembungkuan. Daerah-daerah bakal pembentuk alat atau ketiga lapis benih

ektoderm, mesoderm, dan endoderm, menyusun diri sehingga berupa bumbung, berongga.

Lapisan ektoderm menghasilkan bagian epidermal, neural tube, dan sel neural crest. Organ-organ turunan endoderm yang utama adalah saluran pencernaan makanan (SPM) dan kelenjar-kelenjarnya, serta paru-paru dan saluran respiratori (pernapasan) selain itu, beberapa kelenjar endokrin berasal dari endoderm juga. Daerah-daerah bakal pembentuk alat atau ketiga lapis benih ektoderm, mesoderm, dan endoderm, menyusun diri sehingga berupa bumbung, berongga. Yang tidak mengalami pembungkungan yaitu notochord, tetapi masif.

2. Tahapan Organogenesis

Organogenesis memiliki 3 tahapan yaitu:

a. Histogenesis

Histogenesis adalah suatu proses diferensiasi dari sel yang semula belum mempunyai fungsi menjadi sel yang mempunyai fungsi khusus. Dengan kata lain, histogenesis adalah diferensiasi kelompok sel menjadi jaringan, organ, atau organ tambahan. Ketiga lapisan benih akan mengalami spesialisasi selama periode ini dan karena itu, setiap lapis benih menghasilkan sel yang fungsional pada jaringan tempatnya berbeda. (Puji *et.al.*2010).

b. Organogenesis (morfogenesis)

Organogenesis dimulai akhir minggu ke 3 dan berakhir pada minggu ke 8, dengan berakhirnya organogenesis maka ciri-ciri eksternal dan sistem organ utama sudah terbentuk yang selanjutnya embrio disebut fetus. Organ yang dibentuk ini berasal dari masing-masing lapisan dinding tubuh embrio pada fase gastrula, yang terdiri dari:

1) Lapisan ektoderm

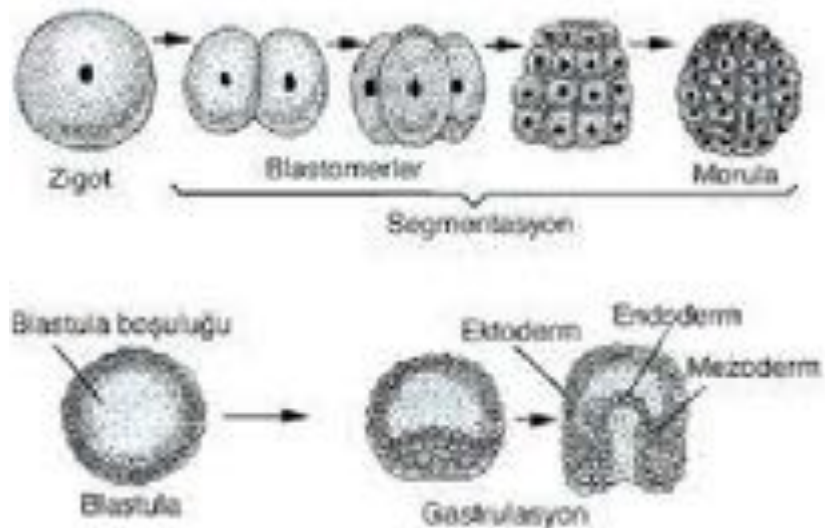
Akan berdiferensiasi menjadi cor(jantung),otak(sistem saraf), integument(kulit), rambut dan alat indera.

2) Lapisan mesoderm

Akan berdiferensiasi menjadi otot, rangka(tulang /osteon), alat reproduksi (testis dan ovarium), alat peredaran darah dan alat ekskresi seperti ginjal.

3) Lapisan endoderm

Akan berdiferensiasi menjadi alat pencernaan, kelenjar pencernaan, dan alat respirasi seperti pulmo.



Lapisan ektodrem, ektodrem dan mesoderm

c. Transformasi dan diferensiasi

Pada akhhir dari proses grastulasi, lapisan benih telah berdiferensiasi, tetapi belum dapat berfungsi. Sel masih tidak berfungsi sampai pada proses di ferensiasi khusus yang di sebut *hitological differentiation* atau *cytodifferentiation*. Hasil dari proses di ferensiasi khusus ini adalah terbentuknya protein baru dalam sel. Protein khusus ini memungkinkan sel tertentu mampu berfungsi untuk hanya satu fungsi. Transformasi dan di ferensiasi bagian-bagian embrio bentuk primitive berupa:

- 1) Ekstensi dan pertumbuhan bumbung-bumbung yang terbentuk pada tubulasi
- 2) Evagenasi dan invaginasi daerah tertentu setiap bumbung.
- 3) Pertumbuhan yang tak merata pada berbagai daerah bumbung
- 4) Perpindahan dari sel-sel dari setiap bumbung ke bumbung lain atau ke rongga antara bumbung-bumbung.
- 5) Pertumbuhan alat yang terdiri dari berbagai macam jaringan,yang berasal dari berbagai bumbung

- 6) Pengorganisasian alat-alat menjadi sistem: sistem pencernaan, sistem peredaran darah, sistem urogenitalia, dan seterusnya
- 7) Penyelesaian bentuk luar (morfologi, rupa) embrio secara terperinci, halus dan individual.

Kemudian , setiap lapisan germinal akan berdiferensiasi organ dan sistem organ sebagai berikut:

a. Lapisan Ektoderm

Lapisan ektoderm menghasilkan bagian epidermal, neural tube, dan sel neural crest.

- 1) Epidermal ektoderm akan menumbuhkan organ antara lain:
 - a) Lapisan epidermis kulit, dengan derivatnya yang seperti sisik, bulu, kuku,tanduk, cula, taji, kelenjar minyak bulu, kelenjar peluh, kelenjar ludah, kelenjar lender, dan kelenjar mata
 - b) Organ perasa seperti lensa mata, alat telinga dalam, indera pembau, dan indera peraba.
 - c) Epithelium dari rongga mulut (stomodium) rongga hidung, sinus paranasalis, kelenjar ludah, dan kelenjar analis(proctodeum)
- 2) Neural tube akan menumbuhkan organ lain: otak, spinal cord, saraf perifer, ganglia, retina mata, beberapa reseptor pada kulit, reseptor pendengaran, dan perasa, neurohipofisis.
- 3) Neural crest akan menumbuhkan organ lain : neuron sensoris, neuron kolinergik, sistem saraf parasimpatik, neuron adrenergik, sel Schwann dan ginjal, sel medulla adrenal,sel folikuler kelenjar tiroid, sel pigmen tubuh, tulang dan yang lainnya(Majumdar, N.N, 1983).

Sistem saraf terdiri atas sistem saraf pusat(ssp) dan sistem saraf tepi(perifer), yaitu sistem saraf kranial, spinal, dan autonom. SSP berasal dari buncung neural yang dihasilkan oleh proses neurulasi. Buncung neural beserta salurannya(neurosoel) berdiferensiasi menjadi otak dan medulla spinalis (sumsum tulang belakang:stb) saluran di dalam otak terdiri atas 4 ventrikel dan di dalam stb sebuah kanal sentralis.

Otak embrio mula-mula terdiri atas 3 wilayah, yaitu prosensefalon, mesensefalon, rombensefalon. Kemudian, otak berkembang menjadi 5 wilayah yaitu prosensefalon berkembang menjadi (1)telensefalon (bakal serebrum) dan (2) diensefalon. Adapun mesensefalon tetap sebagai (3)

mesensefalon. Sementara itu, rekombensefalon berkembang menjadi (4) metensefalon (bakal serebrum) dan (5) mielensefalon (bakal pons varolli dan medulla oblongata atau batang otak). Saluran didalam telesefalon (telosoel) lateral kiri dan kanan ialah ventrikel I dan ventrikel II. Ventrikel III Telosoel median diosoel. Ventrikel IV ialah metasoel dan mielosoel. Mesosoel tidak membentuk ventrikel, dan di sebut duktus sylvius. Dinding spp awalnya ialah neuropitellium yang merupakan sumber sel-sel saraf dan neuroglia. Kemudian, neuropitellium pada batang otak dan STB akan terdiri atas lapisan ependum/ ventricular(yang membatasi lumen), mantel (materi kelabu) dan marginal(materi putih) materi kelabu (mengandung banyak sel saraf dan neuroglia) dan materi putih (berisi banyak akson bermielin) pada otal anterior dari batang otak, letak kedua materi itu kebalikan dari kedudukannya di dalam STB.

Hipofisis dibentuk dari dua komponen, yaitu kantung rathke (dari stomedeum) dan infundibulum (dari diensefalon) masing-masing menjadi lobus anterior dan lobus posterior dari hipofisis . lobus intermedia terletak pada perbatasan kantung rathke bagian posterior dengan infundibulum. Tiap lobus menghasilkan hormon yang berbeda. Pembentukan organ indera di tandai dengan adanya penebalan (plakoda) pada ektoderm yang berhadapan dengan otak. Plakoda nasal (olfaktorius), plakoda optik, dan plakoda otik(auditorius) masing-masing berhadapa dengan telensefalon, diensefalon, dan mielensefalon. Selain berasal dai plakoda optic (bakal lensa), mata berasal juga dari bagian diensefalon, yaitu fesikula optik (bakal retina) bakal telinga yang mulai dbentuk adalah bakal telinga dalam berasal dari plakoda otik, baru kemudian bakal telinga tengah, dan berakhir bakal telinga luar (bagi yang hewan yang memiliki daun telinga atau pina).

b. Lapisan Mesoderm

Lapisan benih mesoderm akan menumbuhkan notochord, epimer, mesomer dan hypomer. Notochord umumnya berkembang denganbaik pada amphioxus, sedangkan pada vertebrata menumbuhkan sumsum tulang belakang. Epimer akan berkembang menjadi dermatome (dermis kulit) , sklerotome (sumsum tukang), dan myotom (otot kerangkang), mesomer akan berkembang menjadi organ pengeluaran seperti ginjal dan urethra,

ovarium dan testis serta saluran genital dan korteks adrenal. Somatopleura akan berkembang menjadi somatopleura (peritoneum), splanchnopleura (mesenterium, jantung, sel darah, sum-sum tulang, pembuluh darah) dan coelom (rongga tubuh).

1) Epimere

Bagian sclerotome memisahkan diri dari somit berupa sekelompok sel mesenkim, pindah ke median mengelilingi notochord dan ke dorsal mengelilingi bumbung neural. Kelompok sel mesenkim ini membentuk vertebrae yang menyelaputi notochord dan bumbung neural.

Somit kemudian kembali menyusun diri menjadi bumbung yang terdiri dari dua bagian :

- Dermatome, sebelah luar
- Myotome, sebelah dalam

Rongganya disebut myocoel sekunder. Dermatome menghasilkan mesenkim yang akan berpindah ke bawah epidermis membentuk lapisan dermis.

2) Mesomere

Dibedakan atas 2 daerah:

- Genital ridge
- Nephrotome

Genital ridge mengandung sel-sel untuk membina gonad.

Nephrotome tumbuh menjadi ginjal dan saluran-salurannya.

3) Hypomere

Somatic mesoderm dan splanchnic mesoderm akan menumbuhkan:

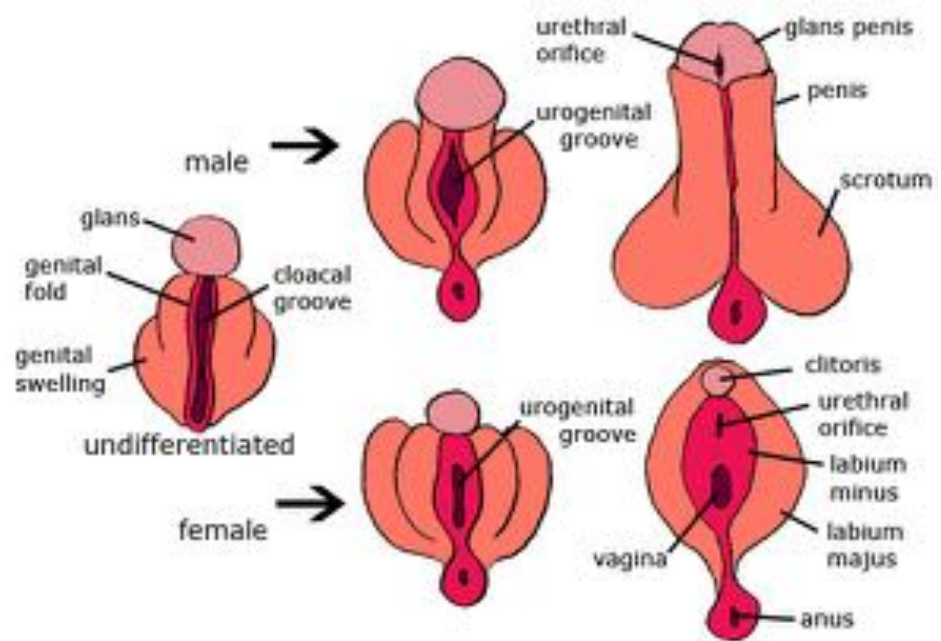
- Kantung insang (branchial pouches) di daerah pharynx foregut. Kantung-kantung insang itu berpasangan, dibina oleh endoderm, sebelah dalam, ektoderm sebelah luar, dan mesoderm di tengah.
- Selaput rongga tubuh dan alat dalam: pericardium, pleura, peritoneum, mesenterium. Semua selaput ini terdiri dari sel-sel epitel gepeng disebut mesothelium, serta jaringan pengikat.

Splanchnic mesoderm sendiri di daerah jantung dan pembuluh darah, anggota badan, dan vertebra. Terdapat tiga macam ginjal, berdasarkan kesempurnaan perkembangannya yaitu pronefros, mesonefros, dan metanefros. Kepemilikan jenis-jenis ginjal ini sejalan

dengan derajat tingginya hewan. Selama perkembangan embrio pada suatu hewan, ginjal yang lebih primitif dari ginjal definitifnya selalu atau pernah dimilikinya meskipun hanya sebentar dan mungkin tidak berfungsi, melainkan akan berdegenerasi dan bersamaan dengan itu ginjal yang lebih maju terbentuk posterior dari yang pertama. Komponen ginjal ialah jaringan nefronik yang berasal dari mesoderm intermedier yang perkembangannya di induksi oleh saluran nefros (Soeminto, 2014).

4) Organogenesis Urogenital

Organ-organ turunan mesoderm, diantaranya ialah ginjal, dan gonad beserta saluran-salurannya, jantung dan pembuluh darah, anggota badan dan vertebrata. Terdapat tiga macam ginjal, berdasarkan kesempurnaan perkembangannya yaitu pronefros, mesonefros, metanefros. Kepemilikan jenis-jenis ginjal sejalan dengan derajat tingginya hewan. Selama perkembangan embrio suatu hewan, ginjal yang lebih primitif dari ginjal definitifnya selalu atau pernah dimilikinya meskipun hanya sebentar dan mungkin tidak berfungsi, melainkan akan berdegenerasi dan bersamaan dengan itu ginjal yang lebih maju terbentuk posterior dari yang pertama. Komponen ginjal adalah jaringan nefrogenik yang berasal dari mesoderm intermedier yang perkembangannya diinduksi oleh saluran nefros.



Ginjal yang paling sempurna adalah metanefros, terletak paling posterior. Ginjal ini dibentuk sebagai hasil induksi resiprokal antara tunas metanefros (tunas ureter) dengan jaringan metanefrogenik yang menghasilkan unit-unit nefron. Tunas metanefros awalnya merupakan cabang dari saluran metanefros, tetapi kemudian memisahkan diri. Gonad berasal dari mesoderm splanknik dekat mesonefros (mesoderm intermedier) berupa pematang genital (epitel germinal, yang akan terdiri dari korteks pada bagian luar dan medula dibagian dalam. Terdapat tahap indifereen sebelum terdifrensiasi menjadi testis atau ovarium. Pada tahap ini terdapat saluran Wolff, bakal vasa deferensia, dan juga saluran Muller, bakal oviduk. Dari epitel germinal dibentuk pita-pita seks primer ke dalam medula.

Pada bakal testis, pita seks berkembang pesat di dalam medula sebagai pita medula (pita testis) yang menjadi terpisah dari epitel germinal, dibatasi oleh tunika albuginea. Pita medula adalah bakal tubulus seminiferus, terdiri atas sel-sel kelamindan sel sertoli. Sel-sel medula lainnya menjadi sel Leydig. Korteks tetap tipis, sedangkan medula tebal. Saluran miiller berdegenerasi, sedangkan saluran Wolff menjadi vasa deferensia.

c. Lapisan Benih endoderm

Lapisan benih ini akan menumbuhkan beberapa sel seperti epithelium saluran pencernaan dan dan derivatnya seperti hati, pankreas, vesika urinaria. Lapis benih juga menumbuhkan sel epitel saluran pernapasan, saluran perkencingan, dan beberapa kelenjar endokrin seperti thyroid dan parathyroid. Organ-organ turunan endoderm yang utama adalah saluran pencernaan makanan (SPM) dan kelenjar-kelenjarnya, serta paru-paru dan saluran respiratori (pernapasan) selain itu, beberapa kelenjar endokrin berasal dari endoderm juga. Pembentukan SPM diawali dengan terbentuknya arkenteron, yang pada anamniota dari awal sudah berbentuk rongga yang akan membentuk saluran. Pada anamniota, saluran baru terbentuk melalui pelipatan-pelipatan splankopleura di bagian anterior, posterior, dan lateral. Di bagian tengah saluran, terdapat bagian yang terbuka yaitu pada tangkai yolk yang menghubungkan saluran dengan kantung yolk.

SPM terbagi menjadi wilayah usus depan, usus tengah, dan usus belakang. Usus depan akan menjadi faring, esofagus, lambung, dan duodenum anterior. Usus tengah adalah bakal duodenum posterior dan sebagian dari kolon. Usus belakang ialah bakal kolon dan rektum. Lubang mulut terdapat di ujung anterior usus depan, dari pertemuan ektoderm stomodeum dengan endoderm faring yang kemudian pecah membentuk lubang mulut ektoderm stomodeum masuk kedalam rongga mulut. Oleh karena itu, epitel rongga mulut adalah ektoderm. Hal yang sama terjadi dibagian kaudal, epitel rongga anus atau rongga kloaka adalah ektoderm yang berasal dari ektoderm proktodeum.

Faring memperlihatkan banyak derivat yaitu evaginasi laterad berupa kantung faring yang selengkapnya ada 6 pasang. Pada kantung faring bagian distal terdapat bakal tonsil, timus dan paratiroid. Bakal tiroid berupa divertikulum, tampak medioventral dari faring. Kantung faring nomor 2 adalah saluran timpani bagian telinga. Kantong faring bertemu dengan lekukan ektoderm bermesoderm yaitu lekuk/celah faring (viseral), yang dibatasi oleh lengkung mandibula yang keluar ialah lengkung hioid. Celah diantara kedua lengkung itu adalah celah hiomandibula. Lengkung III dan seterusnya adalah lengkung insang. Derivat-derivat SPM lainnya keluar dari medioventral usus depan ialah laringotrakea, hati, pankreas, ventral dan pankreas dorsal. Dari

pangkal divertikulum hati, dibentuk kantung empedu dengan duktus sistikus. Divertikulum hati bercabang-cabang membentuk pita-pita hati dan duktus hepatikus, yang bertemu dengan duktus sistikus membentuk saluran empedu (ductus choledochus) yang bermuara didalam duodenum. Kedua bakal pankreas (ventral dan dorsal) bergabung dibagian dorsal dan berdifrensiasi, sampai terjadi sitodefrisiensi. Saluran pankreas bermuara di dalam duodenum pankreas berdifrensiasi membentuk bagian eksokrin dan bagian endokrin (pulau langerhans) hasil sitodifrensiasi ialah terbentuknya berbagai sel khusus (A,B, dan C) didalam pulau Langerhans. Masing-masing sel khusus menghasilkan hormon tertentu, misalnya hormon glukagon dan hormon insulin yang masing-masing dihasilkan oleh sel A dan sel B.

Divertikulum laringotrakea tumbuh ventroposteriad dan bercabang dua (bifurkasi) menjadi bronkus intrapulmonalis, bronkiolus, sampai ketertial percabangan yaitu alveolus-alveolus. Semua percabangan intrapulmonalis akan diselaputi oleh mesoderm yang mengisi ruang antar cabang-cabang membentuk paru-paru yang terdiri atas 3 lobus sebelah kanan dan 2 lobus sebelah kiri. Paru-paru merupakan organ yang aling akhir berfungsi, yaitu saat lahir/ menetas. Agar alveoli tidak lengket satu sama lain sehingga tidak collapse, dihasilkan senyawa surfaktan oleh sel-sel alveoli, yang mengatur tegangan permukaan.

a) Organogenesis pada Bumbung-bumbung (Tubulus)

Tubulasi adalah pertumbuhan yang mengiringi pembentukan gastrula atau disebut juga dengan pembumbungan. Daerah-daerah bakal pembentuk alat atau ketiga lapis benih ektoderm, mesoderm, dan endoderm, menyusun diri sehingga berupa bumbung, berongga. Yang tidak mengalami pembumbungan yaitu notochord, tetapi masif. Mengiringi proses tubulasi terjadi proses diffrensiasi setempat pada tiap bumbung ketiga lapis benih, yang pada pertumbuhan berikutnya akan menumbuhkan alat (organ) bentuk definitif.

Ketika tubulasi ektoderm saraf berlangsung, terjadi pula diffrensiasi awal pada daerah-daerah bumbung itu, bagian depan tubuh menjadi encephalon (otak) dan bagian belakang menjadi medulla spinalis bagi bumbung neural (saraf). Pada bumbung endoderm terjadi diffrensiasi awal saluran atas bagian depan, tengah dan belakang. Pada bumbung mesoderm

terjadi diffrensiasi awal untuk menumbuhkan otot rangka, bagian demis kulit dan jaringan pengikat lain, otot visera, rangka dan alat urogenitalia.

1) Bumbung Epidermis

Menumbuhkan:

- 1). Lapisan epidermis kulit, dengan derivatnya yang bertekstur (susunan Kimia): sisik, bulu, kuku, tanduk, cula, taji
- 2). Kelenjar-kelenjar kulit: kelenjar minyak bulu, kelenjar peluh, kelenjar ludah, kelenjar lendir, dan kelenjar air mata.
- 3). Lensa mata, alat telinga dalam, indra bau, dan indra raba
4. Stomodeum menumbuhkan mulut, dengan derivatnya seperti lapisan enamel (email) gigi, kelenjar ludah, dan indra kecap.
- 5). Proctodeum, menumbuhkan dubur bersama kelenjarnya yang menghasilkan bau tajam.

2) Bumbung Endoderm (metenterom)

Menumbuhkan:

1. Lapisan epitel seluruh saluran pencernaan sejak pharynx sampai rektum
2. Kelenjar-kelenjar pencernaan: hepar, pankreas, serta kelenjar lendir yang mengandung enzim dalam oesophagus, gaster dan intestinum.
3. Lapisan epitel paru atau insang.
4. Kloaka yang menjadi muara ketiga saluran: pembuangan (ureter), makanan (rectum), dan kelamin (ductus genitalis).
5. Lapisan epitel vagina, uretra, vesica urinaria, dan kelenjar-kelenjarnya.

3) Bumbung Neuron (saraf)

Menumbuhkan:

1. Otak dan sumsum tulang belakang
2. Saraf tepi otak dan punggung
3. Bagian persarafan indra, seperti mata, hidung, dan raba
4. Chomatophore kulit dan alat-alat tubuh yang berpigmen

4) Bumbung Mesoderm

Menumbuhkan banyak ragam alat:

1. Jaringan pengikat dan penunjang
2. Otot: lurik, polos, dan jantung

3. Mesenchyme yang dapat berdiferensiasi menjadi berbagai macam sel dan jaringan.
4. Gonad, saluran serta kelenjar-kelenjarnya
5. Ginjal dan ureter
6. Lapisan otot dan jaringan pengikat (tunica muscularis, tunica adventitia, tunica muscularis-muscosa dan serosa) berbagai saluran dalam tubuh, seperti pencernaan, kelamin, dan pembuluh darah.
7. Lapisan rongga tubuh dan selaput-selaput berbagai alat pleura, pericardium, peritonium, mesenterium.

Dalam kitab suci Alquran telah menjelaskan tahap-tahap pembentukan manusia dalam rahim ibu. Disebutkan dalam ayat tersebut bahwa dalam rahim ibu, mulanya tulang-tulang terbentuk, dan selanjutnya terbentuklah otot yang membungkus tulang-tulang ini.

Al'quran surah Al-Mu'minun ayat 14 Allah Menjelaskan:

"Kemudian air mani itu Kami jadikan segumpal darah, lalu segumpal darah itu Kami jadikan segumpal daging, dan segumpal daging itu Kami jadikan tulang-belulang, lalu tulang belulang itu Kami bungkus dengan daging. Kemudian Kami jadikan dia makhluk yang (berbentuk) lain. Maka Maha Sucilah Allah, Pencipta Yang Paling Baik".

TUGAS FORMATIF

Proses fertilisasi pada hewan terdiri dari dua jenis diantaranya Fertilisasi eksternal dan fertilisasi internal, jelaskan **kedua jenis fertilisasi** tersebut dan ceritakan bagaimana **proses fertilisasi** dari saat sel spermatozoa dilepaskan sampai spermatozoa dapat menembus ovum!

KEGIATAN BELAJAR 5

PEMBELAHAN EMBRIO TAHAP BLASTULASI

URAIAN MATERI

1. Pengertian Embriogenesis

Embriogenesis adalah proses pembentukan dan perkembangan embrio. Proses ini merupakan tahapan perkembangan sel setelah mengalami pembuahan atau fertilisasi. Embriogenesis meliputi pembelahan sel dan pengaturan di tingkat sel. Sel pada embriogenesis disebut sebagai sel embriogenik. Tahap awal perkembangan manusia diawali dengan peristiwa pertemuan/peleburan sel sperma dengan sel ovum yang dikenal dengan peristiwa fertilisasi.

Fertilisasi akan menghasilkan sel individu baru yang disebut dengan zigot dan akan melakukan pembelahan diri/pembelahan sel (cleavage) menuju pertumbuhan dan perkembangan menjadi embrio. Fertilisasi merupakan suatu proses kompleks yang melibatkan penetrasi lapisan-lapisan pelindung sel telur oleh spermayang motil sampai terjadi penyatuan dua pronuklei (masing-masing nucleus gamet disebut pronukleus) untuk menghasilkan nukleus tunggal yang diploid.

Secara sederhana fertilisasi ini merupakan penggabungan dari sel telur dan sperma sehingga menghasilkan telur yang telah difertilisasi atau dibuahi Zigot kehidupan organisme multiseluler ini dalam suatu generasi baru dimulai dari zigot yang melakukan pembelahan secara mitosis.

Setelah fertilisasi sel akan langsung mengalami pembelahan ganda dari yang semula satu sel menjadi dua, lalu menjadi empat, delapan dan seterusnya. Pembelahan itu berlangsung di sepanjang saluran tubafalopi, sambil berjalan menuju uterus. Pembelahan sel juga penting untuk reproduksi suatu organisme. Dalam proses pembelahan tersebut, bahan genetis berupa kromosom selalu diwariskan kepada anak.

2. Pengertian Cleavage atau Pembelahan

Cleavage adalah pembelahan sel tunggal (zygote) secara cepat menjadi unit-unit yang lebih kecil yang di sebut blastomer. Stadium cleavage merupakan

rangkaian mitosis yang berlangsung berturut-turut segera setelah terjadi pembuahan yang menghasilkan morula dan blastomer.

Peristiwa pembelahan ini merupakan proses dramatis yang secara visual dapat diamati pada beberapa embrio di laboratorium, itupun hanya pada pembelahan embrio untuk organisme tertentu misalnya pada katak dan beberapa hewan yang tidak ditutupi oleh cangkang.

Zigot adalah hasil dari fertilisasi ovum dengan spermatozoa dan bersifat diploid. Di dalam zigot terdapat satu set kromosom, karena pada waktu fertilisasi sel sperma membawa setengah informasi genetik dari ayah dan setengah dari ibu yang sama-sama bersifat haploid ($n+n=2n$). Zigot memiliki 2 kutub yaitu kutub animal dan **kutub vegetal**.



Animal pole, sel-sel yang terdapat di dalamnya disebut mikromer dan banyak mengandung sitoplasma. Vegetal pole, sel-sel yang terdapat di dalamnya disebut makromer dan banyak mengandung yolk yang berfungsi sebagai sumber makanan bagi sel-sel yang sedang membelah. Peranan zigot dalam pembelahan sangatlah penting karena zigot adalah bahan dasar yang menyebabkan pembelahan itu terjadi, sehingga organism multiseluler ini bisa terbentuk.

Cleavage merupakan proses pembelahan sel paling awal dan teratur setelah fertilisasi selesai yang dialami oleh sel tunggal zigotik menuju proses kedewasaan. Cleavage ini menciptakan embrio multiseluler atau blastula dari zigot. Pembelahan atau cleavage juga disebut segmentasi dan proses pembelahannya diaktivasi oleh enzim MPF, dengan pembelahan tersebut zigot yang mulanya uniseluler berubah menjadi blastomer (multiseluler).



3. Ciri-ciri Pembelahan atau Cleavage

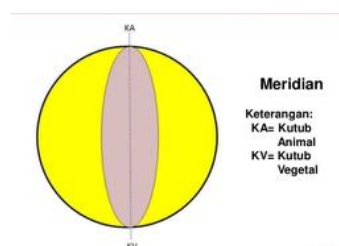
Menurut Balinsky, pembelahan sel memiliki beberapa ciri diantaranya:

- Zygote ditransformasi melalui serangkaian pembelahan mitosis dari keadaan uniseluler ke multiseluler
- Ukuran embrio relatif tidak bertambah
- Bentuk umum embrio tidak berubah kecuali terbentuknya rongga blastocoel
- Transformasi dari bagian substansi sitoplasma menjadi substansi inti
- Perubahan-perubahan kualitatif komposisi telur terbatas
- Bagian-bagian utama sitoplasma telur tidak digantikan dan tetap pada posisi yang sama seperti telur pada awal pembelahan.
- Rasio sitoplasma inti pada awal pembelahan sangat rendah, dan pada akhirnya hampir sama dengan rasio sel somatik.

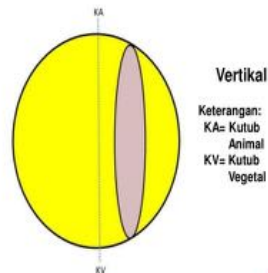
4. Bidang Pembelahan Embrio

Selama proses pembelahan, bidang yang ditempuh oleh arah pembelahan ketika zigot mengalami pembelahan berbeda-beda. Ada empat macam bidang pembelahan, yaitu :

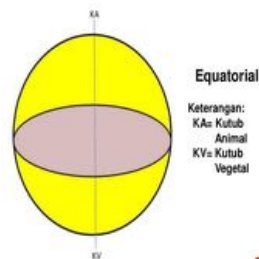
- Meridian, adalah bidang pembelahan yang melewati poros kutub, yang mengakibatkan dihasilkannya dua blastomer dengan ukuran yang sama.



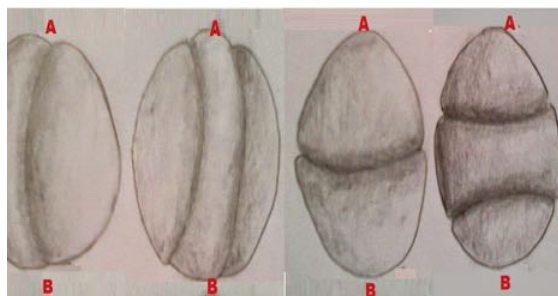
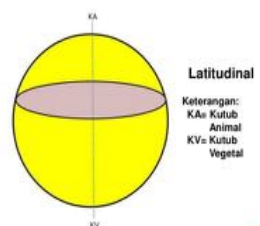
- d. Vertikal, adalah bidang pembelahan yang cenderung lewat tegak sejak dari *animal pole* sampai *vegetal pole*. Perbedaan dengan bidang meridian adalah, tidak melewati poros kutub animal vegetal. Bidang vertikal ini sejajar atau melintang bidang meridian.



- 5) Ekuator, adalah bidang pembelahan yang tegak lurus dengan *animal pole-vegetal pole*. Bidang pembelahan ini membelah embrio menjadi empat anakan dan empat blastomer vegetal.



- 6) Lotitudinal, adalah bidang pembelahan yang mirip dengan bidang ekuator, tetapi terjadi sejajar.

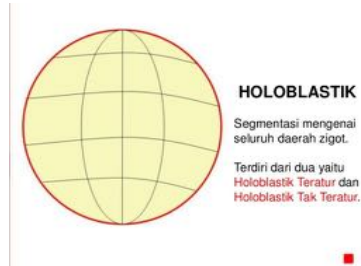


(a) Meridian; (b) Vertikal; (c) Ekuator; (d) Longitudinal

5. Tipe-tipe dan pola pembelahan atau cleavage

Macam – macam pembelahan ada 3, yaitu :

a. Holoblastik



Merupakan pembelahan mengenai seluruh daerah zigot. Terdapat pada telur homolecithal dan medio lecithal. Dibedakan menjadi 2, yaitu:

1) Holoblastik teratur (equal)

Merupakan pembelahan yang berlangsung secara teratur baik dalam bidang pembelahan maupun tahap – tahap pembelahan. Terdapat pada Asterias (bintang laut), Amphioxus, dan Anura (katak).

Pembelahan melewati bidang meridian saling tegak lurus , terbentuklah 4 sel yang sama besar, kemudian melewati bidang latitudinal, diatas bidang ekuator. Terbentuklah 8 sel, 4 sel sebelah atas lebih kecil yang disebut micromere, dan 4 sel sebelah bawah disebut macromere.

Pembelahan keempat lewat bidang- bidang meridian yang secara serentak membagi dua ke delapan sel. Terbentuklah 16 sel yang terdiri dari 8 micromere dan 8 macromere. Setelah itu pembelahan melewati bidang latitudinal, atas dan bawah didang ekuator secara serentak.

2) Holoblastik yang tidak teratur (unequal)

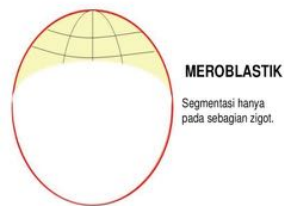
Merupakan pembelahan yang tidak sama masa pembelahnya terjadi pada berbagai zigot. Terdapat pada mamalia. Pembelahan melalui bidang latitudinal sedikit diatas ekuator. Membagi zigot menjadi 2 sel yang satu sebelah kutub animal lebih kecil. Kemudian pembelahan yang selanjutnya melewati bidang meridian, tetapi hanya berlangsung pada micromere kutub vegetal. Terjadilah tingkat 3 sel kemudian menyusul micromere, lewat bidang meridian juga.

Terbentuklah tingkat 4 sel. Terjadi pembelahan pada salah satu macromere sehingga terbentuk tingkat 5 sel dan 6 sel. Salah satu

micromere membelah terbentuk tingkat 7 sel dan satu lagi membentuk tingkat 8 sel. Pembelahan selanjutnya tidak serentak, dan akhirnya terbentuk blastomere yang terdiri dari 60-70 sel yang berupa gumpalan masif, disebut morula.

b. Meroblastik

Merupakan pembelahan yang hanya pada zigot di sebagian kecil kutub animal, yakni bagi seluru germinal disc dan mengenai sedikit yolk. Pembelahan diawali melalui bidang meridian sehingga terbentuklah tumpukan sel di daerah germinal disc yang dari sekitar 8 sel ditengah dan 12 sel dipinggir sel tengah masih berhubungan dengan yolk dibawah, sedang sel yang di pinggir sebagian besar sudah lepas dari yolk kecuali daerah tepi sekali. Pada saat ini telur mencapai uterus, dan sudah dilapisi oleh albumen dan shell.



c. Perantaraan Holo dan Meroblastik

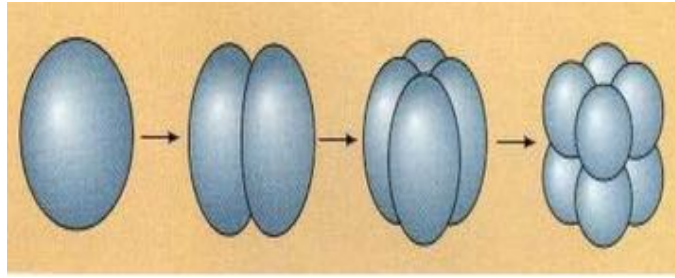
Yaitu pembelahan yang tak seluruhnya mencapai ujung kutub vegetal, tedapat pada telur megalesital.



Pola-pola Segmentasi

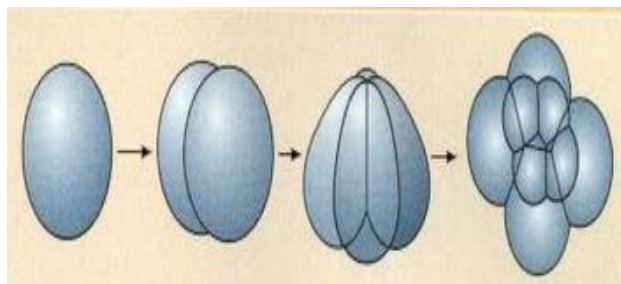
Berdasarkan simetri dan tipe pembelahannya, pembelahan pada zygot dapat dikelompokkan menjadi :

a) Pembelahan radial holoblastik



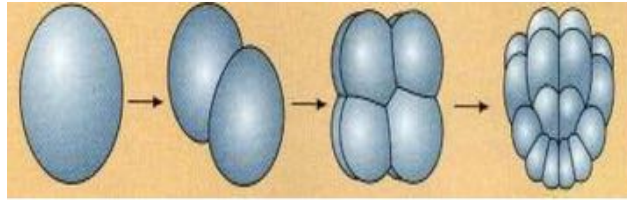
Pembelahan radial holoblastik adalah pembelahan dimana blastomer-blastomer yang terdapat pada bagian kutub anima telur terletak tepat di atas blastomer yang ada pada bagian vegetatif, sehingga pola blastomer adalah radial simetris, misalnya pembelahan pada echinodermata dan amphioxus

b) Pembelahan spiral holoblastik



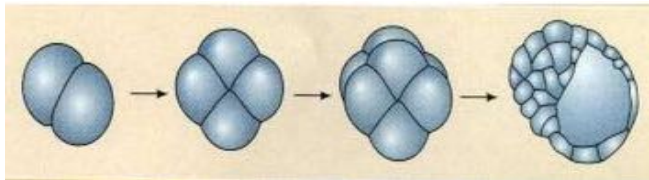
Pembelahan spiral holoblastik dijumpai pada annelida, turbellaria, dan semua jenis molluska kecuali cephalopoda. Pada pembelahan spiral, orientasi spindel mitosis bukan paralel atau tegak lurus dengan sumbu anima-vegetatif telur, tetapi orientasinya adalah miring sehingga blastomer-blastomer yang dihasilkan tidak terletak tepat di atas atau di bawah blastomer-blastomer yang lain. Akibat bergesernya posisi dari spindel mitosis, menyebabkan sel-sel blastomer bagian atas berada di atas pertemuan dua blastomer yang berada di bawahnya. Pada pembelahan spiral dikenal dua tipe yaitu pembelahan dekstral dan pembelahan sinistral. Pembelahan disebut dekstral apabila arah putaran spirannya searah dengan arah jarum jam, dan disebut sinistral apabila arah putaran spirannya berlawanan dengan arah jarum jam.

c) Pembelahan bilateral holoblastik



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.

d) Pembelahan rotasional holoblastik

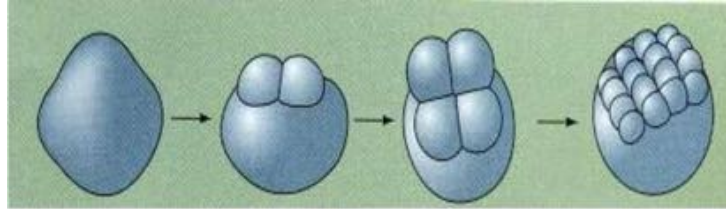


Pembelahan rotasional holoblastik dijumpai pada mamalia, misalnya mencit dan manusia. Beberapa ciri-ciri pembelahan pada mamalia adalah: (i) pembelahannya relatif lambat, (ii) orientasi blastomer-blastomernya adalah khas. Pembelahan pertama adalah pembelahan secara ekuatorial. Pembelahan pada embrio mamalia berbeda dengan pembelahan pada embrio lain, dimana pada pembelahan awal embrio mamalia tidak sinkron. Blastomer-blastomer pada embrio mamalia tidak semua membelah pada waktu yang sama. Jadi blastomer pada embrio mamalia tidak bertambah dari stadium 2 sel ke 4 sel, dan 4 sel menjadi 8 sel. Pada stadium 16 sel, embrio mencapai stadium morula. Pada morula, blastomer-blastomer mensekresikan cairan internal untuk pembentukan rongga blastocoel.

Transisi dari stadium morula ke blastula ditandai dengan terjadinya dua perubahan yaitu:

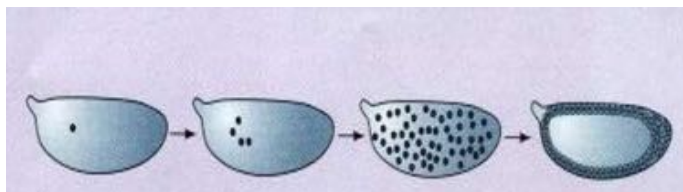
- Rongga blastula dengan cepat mengalami pembesaran
- Terbentuknya tipe-tipe sel yang berbeda di dalam embrio.

e) Pembelahan Diskoidal Meroblastik



Pembelahan diskoidal meroblastik dapat dijumpai pada ikan, reptil dan burung. Pembelahan hanya berlangsung pada blastodisk yang terdapat pada kutub animal telur, sedangkan yolk tidak turut membelah (Gilbert, 1985). Pada burung, pembelahan berlangsung di dalam saluran reproduksi. Pada pembelahan pertama, blastodisk membentuk dua blastomer yang tidak terpisah secara sempurna. Pembelahan kedua tegak lurus pembelahan pertama, dan menghasilkan 4 blastomer yang juga tidak terpisah secara sempurna. Pembelahan ketiga, dua bidang pembelahan simultan sejajar dengan pembelahan pertama menghasilkan 8 blastomer. Pembelahan keempat merupakan bidang pembelahan yang melingkar dan memotong semua bidang pembelahan terdahulu. Pembelahan kelima adalah pembelahan radial, memotong bidang pembelahan keempat dan menghasilkan blastomer-blastomer tepi yang juga tidak terpisah secara sempurna. Sedangkan pembelahan selanjutnya sukar diikuti.

f) Pembelahan Superfisial Meroblastik



Pembelahan superficial meroblastik dapat dijumpai pada serangga dan arthropoda lainnya. Inti zigot pada bagian tengah telur membelah secara mitosis beberapa kali tanpa diikuti dengan pembelahan sitoplasma. Pada *Drosophila* sp dihasilkan inti sebanyak 256. Inti-inti tersebut dinamakan energid. Energid-energi selanjutnya bermigrasi ke bagian tepi telur. Masing-

masing inti dikelilingi oleh sebagian kecil sitoplasma asal. Embrio pada saat ini disebut stadium Syntial blastoderm. Massa sitoplasma pada bagian tengah telur menjadi hancur dan hilang. Inti yang bermigrasi ke bagian posterior telur kembali ditutupi oleh membran sel yang baru untuk membentuk pole cell pada embrio. Sel-sel tersebut kelak akan menjadi sel kelamin pada saat dewasa. Setelah pole cell terbentuk, membran oosit melipat kedalam diantara inti, sehingga pada akhirnya setiap inti menjadi satu sel tunggal dan menghasilkan blastoderm seluler (Gilbert, 1985).

6. Definisi Totipotent atau Pluripotent

- a. **Totipotent** yaitu stem cells yang dapat berdiferensiasi menjadi semua jenis sel. Yang termasuk dalam stem cell totipotent adalah zigot. Sel-sel ini merupakan sel embrionik awal mempunyai kemampuan untuk membentuk berbagai jenis sel termasuk membentuk satu individu yang utuh. Disamping mempunyai kemampuan untuk membentuk berbagai sel pada embrio sel totipotent juga dapat membentuk sel-sel yang menyusun plasenta.
- b. **Pluripotent** yaitu stem cells yang dapat berdiferensiasi menjadi 3 lapisan germinal (ectoderm, mesoderm, dan endoderm) tetapi tidak dapat menjadi jaringan ekstraembrionik seperti plasenta dan tali pusat. Yang termasuk stem cells pluripotent adalah embryonic stem cells.

7. Blastulasi

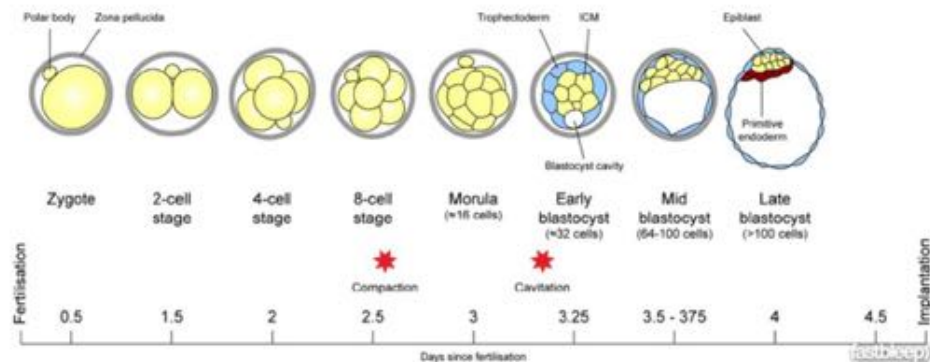
Blastulasi merupakan salah satu stadium yang mempersiapkan embrio untuk menyusun kembali sejumlah sel pada tahap perkembangan selanjutnya. Distribusi yolk pada setiap jenis telur pada suatu species berpengaruh terhadap bentuk-bentuk blastula. Umumnya blastula memiliki sebuah rongga yang disebut rongga blastula (blastocoel). Pembelahan zigot membelah (mitosis) menjadi banyak blastomer. Blastomer berkumpul membentuk seperti buah arbei disebut Morula.

Blastomere terdiri dari 2 bagian, yaitu :

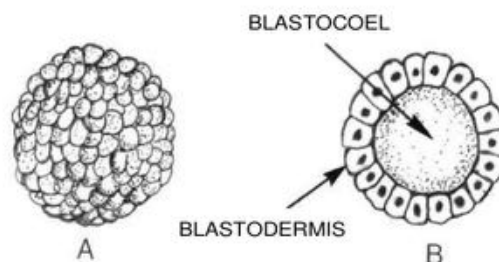
- Jaringan embryo, merupakan jaringan yang akan tumbuh menjadi embryo.

- Jaringan periblast, merupakan jaringan yang menyalurkan makanan dari yolk di bawah.

Blastula adalah bentukan lanjutan dari morula yang terus mengalami pembelahan. Bentuk blastula ditandai dengan mulai adanya perubahan sel dengan mengadakan pelelukan yang tidak beraturan.



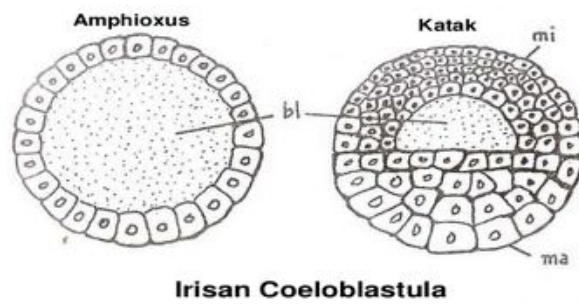
Sementara sel – sel morula mengalami pembelahan terus menerus, terbentuklah rongga di tengah, yang makin lama makin membesar dan berisi cairan. Blastulasi yaitu proses terbentuknya blastula. Embryo yang memiliki rongga tersebut disebut blastula. Di dalam blastula terdapat cairan sel yang disebut dengan Blastocoel.



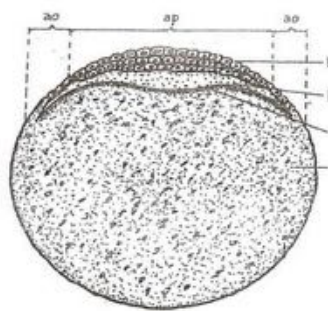
a. Macam-macam Blastulasi

Melihat pada bentuk dan susunan blastomernya blastula dibagi atas :

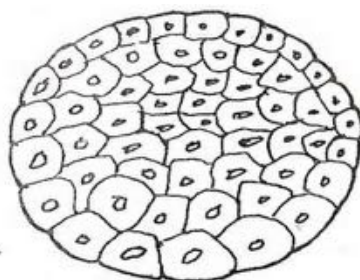
- 1) Coeloblastula. Berbentuk bola, disebut juga blastula bundar. Berasal dari telur homolechital dan mediolechital. Yang homolechital ialah yang mengalami pembelahan secara holoblastik teratur (Amphioxus). Misalnya blastula pada *Synapta sp.*, *Asterias sp.*, Amphioxus dan Amphibia. Rongga blastula terdapat di tengah atau eksentrik ke arah kutub anima.



- 2) Discoblastula. Berbentuk cakram disebut juga blastula gepeng. Berasal dari telur homolechital yang mengalami pembelahan holoblastik tidak teratur, dan telur megalechital yang membelah secara meroblastik. Blastula berada di atas yolk atau jaringan penyalur makanan. Pada Reptilia, aves dan monotremata blastula disebut germinal disc.



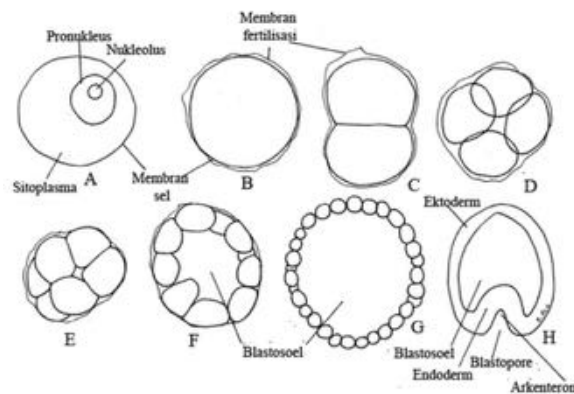
- 3) Blastokista, yaitu blastula yang menyerupai kista. Blastula ini memiliki massa sel-sel dalam (inner cell mass) pada bagian dalam embrio dan dikelilingi oleh tropoblas. Dihasilkan oleh telur isolesital. Misalnya blastula pada mamalia.
- 4) Stereoblastula, yaitu blastula massif tanpa rongga blastula. Dihasilkan oleh telur sentrolesital. Misalnya blastula pada berbagai jenis serangga.



b. Blastula pada berbagai jenis hewan

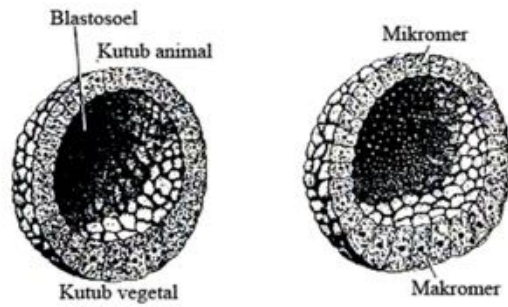
1) Blastula Bintang Laut

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 (Blastosol) besar dan ada di bagian tengah embrio. Pada stadium blastula selanjutnya terjadi perubahan, seperti lepasnya sel-sel mikromer ke dalam blastosol.



2) Blastula pada Amphioxus

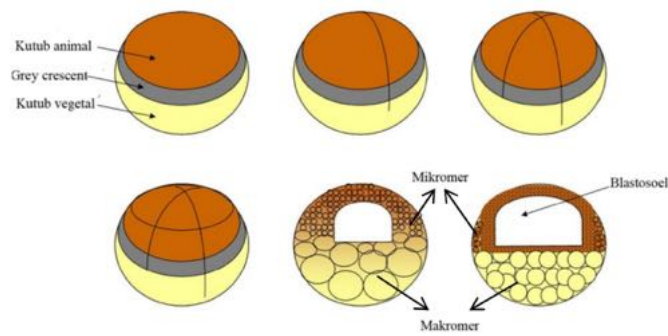
Pada stadium pertumbuhan 8 sel, terbentuk rongga yang terletak di antara makromer dan mikromer. Rongga (Blastosol) yang terbentuk semakin jelas pada stadium 64 sel. Sejalan dengan pertumbuhannya, rongga tersebut membesar. Struktur yang terbentuk dinamakan blastula, terbentuk 4-6 jam setelah fertilisasi.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



3) Blastula Pada Amphibia

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

- a) Daerah di sekitar kutub animal, yaitu sel-sel yang membentuk atap blastocoel. Sel-sel tersebut akan menjadi lapisan ektoderem. Selsel tersebut berukuran kecil (mikromer) dan mengandung banyak butir-butir pigmen.
- b) 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 blastosol adalah membatasi interaksi antara bakal ektoderem dan sel-sel endoderem pada cincin marginal yang mengelilingi tepi blastosol.

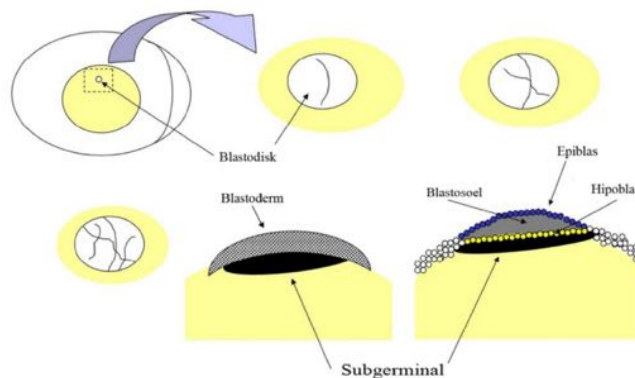


4) Blastula Pada Aves

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:

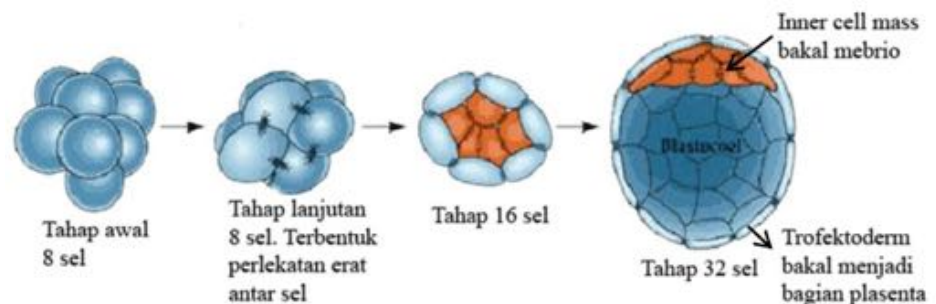
- Area pelusida = daerah bening terletak di bagian atas rongga subgerminal
- Area opaka = daerah tampak gelap, terletak di bagian tepi blastodisk.

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



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.



8. Definisi Implantasi Embrio Hewan

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.

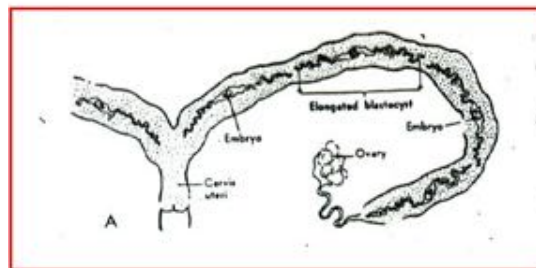
Sebelum implantasi terjadi, cairan blastosoel banyak mengandung ion kalium dan bikarbonat. Bahan ini berasal dari cairan rahim. Blastosis juga harus mengalami proses hatching (menetas) atau keluar dari selubung zona pelusida. Proses menetas diakibatkan ekspansi blastosis karena enzim-enzim proteolitik 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.

9. Ciri-ciri Implantasi Embrio Hewan (non invasif, invasif terestrial, dan invasif eksentrik).

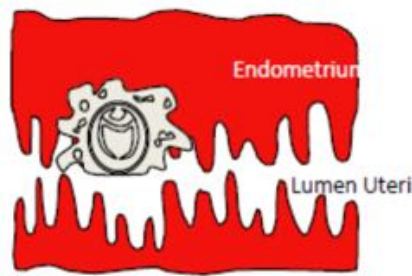
a. Non invasif

- Blastosit setelah mengalami hatching, terlebih dulu melanjutkan invasinya untuk kemudian melekat pada dinding endometrium induk .
- Terjadi pada Babi, Kuda, Ruminansia
- Proses :
 - hatching
 - sekresi nutrisi oleh kelenjar uterus (susu uterus)
 - pertambahan besar ttropoblast (permukaan semakin luas untuk pertukaran metabolit dengan susu iuterus dan perlekatan yang lebih ekstensif
 - perlekatan pada dinding endometrium (waktu relatif lebih lambat)



b. Implantasi eksentrik

- embrio menembus sedikit lebih dalam ke dalam endometrium uterus
- Kerusakan dari endometrium hanya sebagian dan embrio masih berhubungan dengan lumen uterus
- Contoh hewan : Monyet, Anjing, Kucing, Tikus
- Implantasi invasive



c. Implantasi interstisial

- embrio menggerogoti endometrium uterus dan akhirnya seluruh embrio tertanam di dalam endometrium
- Stroma endometrium rusak karena invasi dari embrio. Embrio masuk ke dalam stroma dan tertutup sama sekali dari lumen uterus.
- terjadi pada manusia, sipanse dan marmot
- Implantasi invasive.

TES FORMATIF

Blastulasi merupakan salah satu stadium yang mempersiapkan embrio untuk menyusun kembali sejumlah sel pada tahap perkembangan selanjutnya. Jelaskan blastulasi pada berbagai jenis hewan seperti:

- Blastula bintang laut
- Blastula amphioxus
- Blastula pada amphibia
- Blastula pada aves
- Blastula pada mamalia

KEGIATAN BELAJAR 6

SELAPUT EKSTRA EMBRIO DAN PLASENTA

URAIAN MATERI

1. Selaput Ekstra Embrio

a. Pengertian Selaput Ekstraembrio

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.

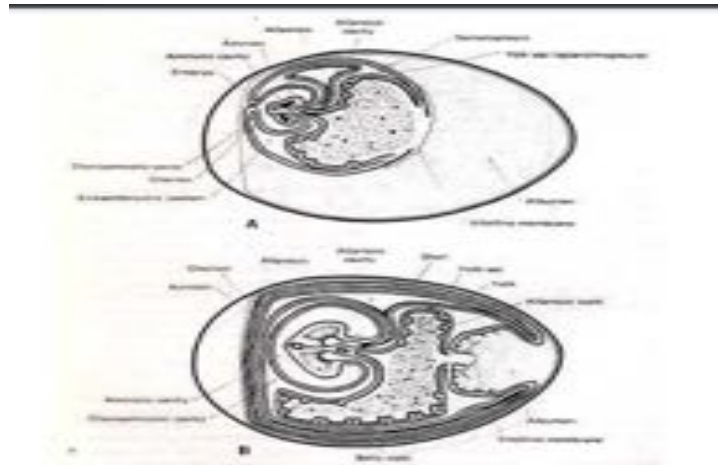
b. Ciri-ciri Selaput Ekstraembrio

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

c. Fungsi dari Selaput Ekstraembrio

- Sebagai media perantara pertukaran zat
- Perlindungan Embrio
- Pada Reptil dan Unggas : memberi perlindungan sebelah dalam kerabang

1) Kantung Amnion



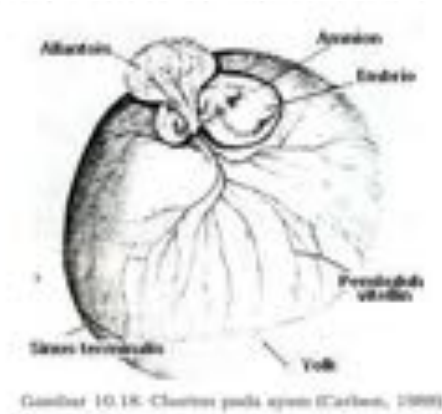
Kantung amnion adalah suatu membrane tipis yang berasal dari somatoplura berbentuk suatu kantung yang menyelubungi embrio dan berisi cairan. Keberadaan selaput ini sangat khas pada reptilia, burung, dan mamalia sehingga kelompok hewan ini sering disebut sebagai kelompok amniota, sedangkan ikan dan amphibian tidak memiliki amnion dan disebut sebagai kelompok an amniota. Amnion berfungsi sebagai pelindung langsung embrio, Menjaga dari kekeringan ~ cairan amnion : 1-2 liter = air ketuban), Penawar guncangan (shock breaker), Penawar tekanan, Penawar suhu uterus, serta Kebebasan gerak, Anti adhesi.

2) Korion

Membran ekstra embrio yang paling luar dan yang berbatasan dengan cangkang atau jaringan induk , merupakan tempat pertukaran antara embrio dan lingkungan di sekitarnya adalah chorion atau serosa. Pada hewan-hewan ovivar, fungsi chorion terutama untuk pertukaran gas atau respirasi. Pada mamalia, chorion bukan hanya berperan sebagai pembungkus, tetapi juga berperan untuk nutrisi, ekskresi, filtrasi, dan system hormone. Pada mamalia, chorion berasal dari trophoblas dan bersama-sama dengan allantois turut dalam pembentukan plasenta bersama dengan endometrium induk. Pada aves, chorion terletak di bawah cangkang dan berama-sama dengan allantois berperan untuk respirasi.

Fungsi Pada mamalia :

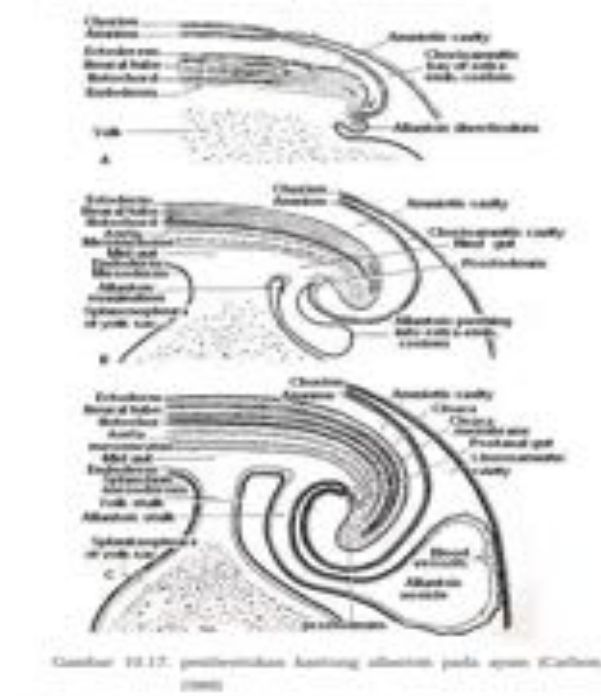
Pertukaran nutrisi dan gas dengan induk, Penghasil hormon : seperti HCG untuk merangsang sel-sel di plasenta & ovarium induk untuk sekresi progesterone, Progesteron digunakan untuk uterus tebal & penuh dengan pembuluh darah serta digunakan oleh kel. Adrenal sebagai substrat untuk kortikosteroid, Menolak reaksi inkompatibilitas (imunitas), serta Penampung ekresi urine fetus.



3) kantung Alantois

Allantois merupakan suatu kantung yang terbentuk sebagai hasil evaginasi bagian ventral usus belakang pada tahap awal perkembangan. Fungsi utama allantois adalah sebagai tempat penampungan dan penyimpanan urine dan sebagai organ pertukaran gas antara embrio dengan lingkungan luarnya. Pada burung, allantois bersama-sama dengan chorion berperan dalam respirasi melalui pembuluh darah allantois, juga berperan dalam penyerapan kalsium sehingga cangkang kapur menjadi rapuh, dan hal ini memudahkan penetasan. Selain itu pada reptile dan burung, kantung allantois sangat besar karena telur merupakan suatu system yang tertutup, maka allantois harus memisahkan sisa-sisa metabolisme nitrogen agar tidak menimbulkan efek toksik terhadap embrio. Pada mamalia, peran allantois erat hubungannya dengan efisiensi pertukaran yang berlangsung pada perbatasan fetus-ibu. Allantois embrio babi memiliki ukuran dan fungsi yang sama seperti pada burung, dan hanya berperan sebagai tempat lalunya pembuluh darah ke plasenta. Lapisan penyusun kantung allantois sama dengan kantung yolk yaitu splanknopleura yang terdiri atas endoderem di dalam dan mesoderem

- Pada Aves : Berperan dalam respirasi dan Menampung sampah-sampah
- Pada mamalia (Manusia) : bersifat rudimenter

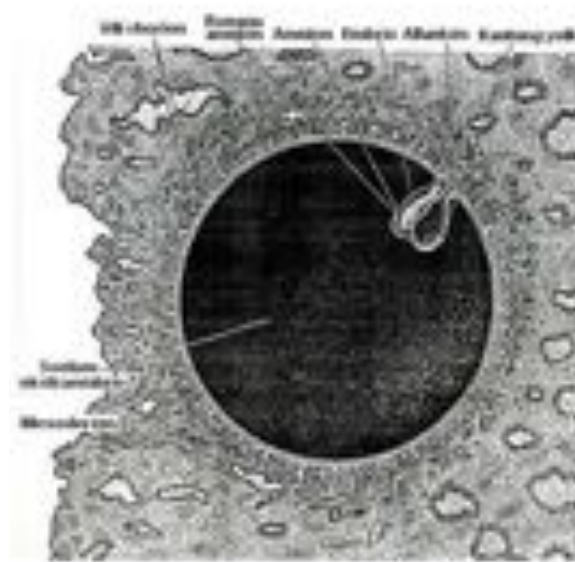


Kantung yolk adalah selaput spanknopleura, sangat erat fungsinya dalam nutrisi embrio khususnya kelompok reptilian dan burung karena mempunyai yolk yang sangat banyak. Walaupun telur- telur mamalia tidak mempunyai yolk atau sangat sedikit, namun kantung yolk masih dipertahankan dan digunakan untuk fungsi-fungsi vital lainnya. Endoderem kantung yolk merupakan sumber bakal sel kelamin, sedangkan mesoderem kantung yolk merupakan sumber sel-sel darah.

91

tempat berjalannya pembuluh darah vitellin untuk menyerap yolk. Endoderem kantung yolk mengandung enzim yang berfungsi untuk mencerna yolk yang dibutuhkan oleh embrio selama tahap perkembangannya.

Kantung yolk tersusun atas splanknopleura, dimana endoderem terletak pada bagian dalam dan mesoderem splaknik terletak disebelah luar. Setelah yolk habis terserap, kantung yolk mengecil. Pada monotremata, kantung yolk hanya sebagai tempat berjalannya pembuluh darah.



d. Pengertian Plasenta

Setelah embrio tiba di uterus, berlangsung suatu asosiasi antara embrio melalui selaput ekstraembrionya dengan jaringan endometrium uterus membentuk suatu organ yang dikenal dengan nama plasenta. Jadi plasenta adalah suatu struktur yang dibentuk melalui pertautan antara selaput-selaput ekstra embrio dengan endometrium untuk keperluan pertukaran fisiologis.

Plasenta juga bisa disebut sebagai kesatuan embrionik dengan endometrium induk. Secara structural plasenta terdiri atas dua bagian, yaitu (i) plasenta fetal yang dibangun oleh selaput ekstraembrio dan (ii) plasenta maternal, yaitu yang dibangun oleh endometrium uterus.

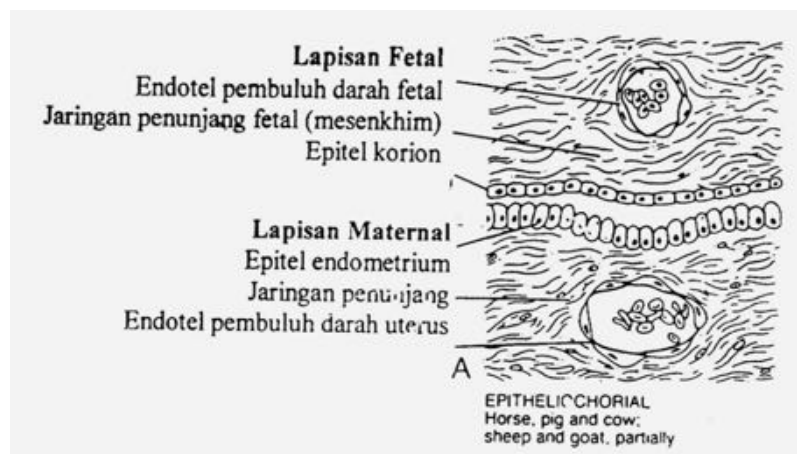
1) Fungsi dari Plasenta

- Pertukaran :nutrisi,gas, hormon dll
- Organ endokrin (penghasil hormon) yang penting selama kebuntingan.
- Barrier (pencegah bercampurnya darah induk dan fetus)
- Respirasi, yaitu pengambilan oksigen dari induk melalui sawar plasenta berlangsung dengan cara diffuse dan CO₂ berdifusi mkelalui sawar plasenta dari fetus ke induk,
- Pemberi nutrisi, yaitu pengambilan air, garamgaram mineral, karbohidrat, protein dan vitamin dari induk ke fetus
- Sebagai proteksi terhadap virus dan bakteri, sekresi estrogen, progesterone, chorion gonadotrophin, somatomammotropin chorional
- Immunologi yaitu untuk penyaluran komponen antibodi ke embrio yang berkembang
- Farmakologi, untuk transportasi obat-obatan atau senyawa lain yang dibutuhkan oleh embrio dari induknya

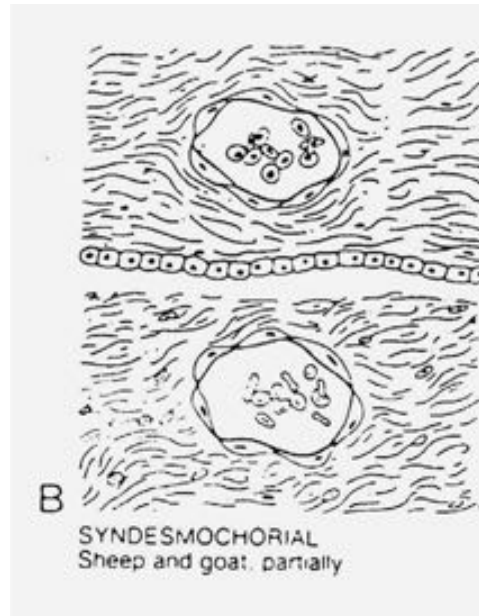
2) Tipe-tipe Plasenta

a) Berdasarkan hubungan korion dengan endometrium secara histologis

I. Epitelikorial : epitel endometrium berhubungan dgn khorion (dinding endometrium tidak meluruh).Ex : babi, kuda



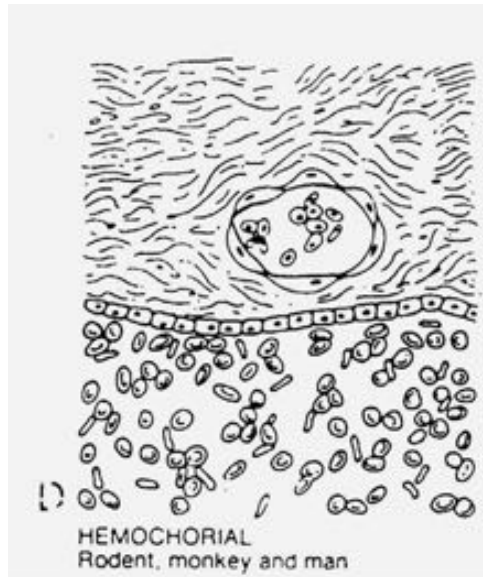
II. Sindesmokorial : sebagian epitel endometrium meluruh, jaringan penunjang berhubungan dgn korion. Ex : ruminansia



- III. Endoteliokorial : epitel & jar ikat induk mengalami peluruhan (endotel PD induk langsung berhubungan dgn korion). Ex : Karnivora



- IV. Hemokorial : darah induk langsung berhub dgn korion. Ex : Manusia dan rodensia



- b) Berdasarkan Macam Selaput Ekstraembrio yang Bertautan
 - i. Plasenta choriovitellin atau plasenta kantung yolk : plasenta fetal mendapatkan aliran darah dari kantung yolk
 - ii. Plasenta chorioallantois : Bila chorion mendapatkan aliran darah dari allantois.

Pada babi, karena allantois dan chorionnya bersatu, maka terbentuk peredaran darah chorioallantois seperti yang terjadi pada ayam, hanya di sini tidak berhubungan dengan cangkang, melainkan dengan endometrium uterus

- c) Berdasarkan Penyebaran Vilichorioallantois

- i. Diffusa

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. Plasenta pada babi adalah plasenta difusa karena sebagian besar permukaan chorionnya bervili dan bertautan dengan endometrium.

- ii. 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. Pada biri-biri dan sapi, daerah pertautan lebih terbatas serta tersebar ke dalam kelompok-kelompok kecil sehingga plasentanya dikenal sebagai plasenta kotiledonaria

iii. Plasenta zonari

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. Bila pada daerah plasenta, vilinya tersusun menyerupai sabuk, maka plasentanya disebut plasenta zonari.

iv. Plasenta diskoida

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. Bila berkelompok pada suatu daerah terbatas dan berbentuk cakram maka plasentanya disebut plasenta diskoidal seperti yang dijumpai pada rodentia dan manusia.



3) Pembentukan plasenta

Pembentukan plasenta meliputi pertambahan vili khorion, ruangan antara vili dan desidua basali. Vili terdiri dari selapis sel-sel epitel yang menjulur 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 hamper sebagian khorion tidak bervili lagi. Khorion tidak bervili disebut khorion halus (smooth chorion) dan khorion bervili disebut khorion frondusum. Dengan berkembangnya plasenta, pola pengambilan bahan makanan dari induk berubah dari histotropik menjadi hemotropik.

4) Sirkulasi plasenta

Sirkulasi darah plasenta mempunyai jalur tersendiri. Selama dalam perkembangan embrio, organ-rgan respirasi, peredaran darah, serta fungsi-fungsi pertukaran gas, eksresi dari embrio atau fetus belum berfungsi penuh. Darah mengalir dari plasenta ke embrio yang berkembang melalui vena umbilikalis 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.

TES FORMATIF

Plasenta adalah suatu struktur yang dibentuk melalui pertautan antara selaput-selaput ekstra embrio dengan endometrium untuk keperluan pertukaran fisiologis.

- a. Sebutkan apa saja fungsi dari plasenta
- b. Bagaimana proses pembentukan plasenta

KEGIATAN BELAJAR 7

GRASTULASI

URAIAN MATERI

1. Pengertian Gastrulasi

Pada proses gastrulasi, terjadi gerakan morfogenesis dengan tujuan memindahkan sel dari satu tempat ke tempat lain menuju lokasi organ definitif yang akan dibentuk. Stadium gastrula merupakan tahapan perkembangan embrio yang dinamis karena terjadi perpindahan sel, perubahan bentuk sel dan pengorganisasian embrio dalam suatu sistem sumbu. Sintesis protein sebelum gastrulasi dikendalikan oleh gen parental, sedangkan sintesis protein pada stadium gastrula dikendalikan oleh inti sel gastrula. Oleh karena itu gastrulasi merupakan stadium perkembangan yang kritis dan menentukan tahapan perkembangan selanjutnya. Apabila ekspresi gen teratur sesuai dengan pola perkembangan yang terprogram maka perkembangan hewan akan berjalan normal (Anonim, 2009).

Gastrulasi adalah suatu proses yang dinamis, dimana berlangsung migrasi sel-sel atau lapisan sel-sel secara terintegrasi yang dilakukan melalui berbagai macam gerakan-gerakan morfogenik. Seiring dengan berlangsungnya gastrulasi, juga berlangsung proses differensiasi. Migrasi sel-sel atau lapisan sel-sel selama gastrulasi dimaksudkan untuk:

- a. Menempatkan area perspektif endoderem ke dalam
- b. Membungkus embrio dengan perspektif ektoderem
- c. Menempatkan mesoderem diantara endoderem dan ektoderem
- d. Membentuk arktenteron, bakal saluran pencernaan primitif

Adanya migrasi sel-sel tersebut, menyebabkan terjadinya perubahan lingkungan mikro dan menyebabkan terjadinya perubahan perilaku sel-sel atau kumpulan sel-sel, sehingga merangsang sel-sel yang bersangkutan untuk melakukan proses differensiasi. Hasil proses differensiasi sel tersebut menyebabkan terbentuknya lapisan ektoderem, endoderem, dan mesoderem. Ketiga lapisan tersebut dinamakan lapisan lembaga.

Karena yang terbentuk ada tiga lapisan lembaga, maka dinamakan triploblastik, misalnya pada ayam, sapi, dan manusia. Beberapa jenis hewan pada masa perkembangan embrionalnya hanya membentuk dua lapisan lembaga, yaitu ektoderem dan endoderem. Karena hanya dua lapisan lembaga yang terbentuk, maka dinamakan diploblastik, misalnya porifera dan coelenterate. Ketiga lapisan lembaga di atas merupakan lapisan lembaga yang bersifat seluler dan pada tahap perkembangan selanjutnya akan menghasilkan berbagai tipe jaringan atau organ yang menyusun tubuh suatu organisme.

Ciri-ciri umum dari proses gastrulasi:

- a. Penataan kembali sel-sel embrio oleh gerakan morfogenetik
- b. Ritme pembelahan sel diperlambat
- c. Tidak terjadi tumbuh yang nyata
- d. Tipe metabolisme berubah
- e. Peran inti menjadi lebih besar
- f. Disintesisnya protein-protein baru, melalui mRNA baru.

2. Mekanisme Gastrulasi secara Umum

Gastrulasi sebagai suatu proses dimana sel-sel berkembang dan bermigrasi dalam embrio untuk mengubah masa sel dalam tahap blastokista menjadi embrio yang berisi tiga lapisan germinal primer. Migrasi sel-sel tersebut terjadi secara terintegrasi yang dilakukan melalui berbagai macam gerakan-gerakan morfogenik. Migrasi sel-sel atau lapisan sel-sel selama gastrulasi dimaksudkan untuk menempatkan area perspektif endoderm ke dalam, membungkus embrio dengan perspektif ektoderm, menempatkan mesoderm diantara endoderm dan ektoderm, membentuk archenteron (bakal saluran pencernaan primitif).

Hasil penting gastrulasi adalah bahwa beberapa sel pada atau dekat permukaan blastula berpindah ke lokasi baru yang lebih dalam. Hal ini akan mentransformasikan blastula menjadi embrio berlapis tiga yang disebut dengan gastrula. Saat blastula terimplantasi di uterus, masa sel bagian dalam membentuk cakram pipih dengan lapisan sel bagian atas (epiblast) dan lapisan sel bagian bawah (hipoblast). Lapisan-lapisan ini homolog dengan lapisan pada cakram embrio burung. Gastrulasi terjadi melalui pergerakan ke arah dalam sel-sel lapisan atas melalui primitive streak untuk membentuk mesoderm dan endoderm.

3. Proses Terbentuknya Gastrula

Sel-sel blastula yang mengalami invaginasi terus tumbuh ke arah dalam sehingga blastophore akan terus terdesak ke dalam dan terbentuk rongga archenteron. Rongga ini membagi sel –sel yang tumbuh tersebut menjadi lapisan endoderm di sebelah dalam, dan mesoderm di bagian tengah. Lapisan bagian luar dan lapisan sel pada *animal pole* yang tetap berada di luar (tidak melipat ke dalam) membentuk ectoderm. Ketiga lapisan tersebut kemudian disebut dengan lapisan germinal embrio. Kumpulan sel yang semula terletak berjauhan, sekarang terletak cukup dekat untuk melakukan interaksi yang bersifat merangsang dalam pembentukan organ tubuh. (Atahualpa, 2013)

4. Mekanisme seluler dalam proses gastrulasi embrio hewan

Penataan dan pergerakan sel yang terjadi dari bentuk blastula menjadi gastrula melibatkan mekanisme seluler, yaitu:

- Perubahan dalam motilitas sel,
- Perubahan dalam bentuk sel, dan
- Perubahan dalam adhesi seluler (penempelan dari sel ke sel lain, atau ke matriks ekstraseluler)

Perubahan bentuk sel umumnya melibatkan reorganisasi sitoskeleton, awalnya mikrotubula terorientasi paralel dengan sumbu dorso ventral embrio, sehingga membantu pemanjangan sel sepanjang arah tersebut. Pada ujung dorsal masing –masing sel terdapat susunan parallel filament aktin yang terorientasi menyilang. Filament tersebut berkontraksi yang menyebabkan sel berbentuk baji (wedge), sehingga memaksa lapisan ectoderm melekok ke arah dalam (invaginasi).

Selanjutnya adhesi sel, glikoprotein dalam matriks ekstra seluler (misal fibronectin) menghubungkan sel-sel yang bermigrasi sehingga sel-sel tersebut mencapai tujuan. Adapun factor yang berperan dalam migrasi tersebut adalah glikoprotein yang disebut molekul adhesi sel (*cell adhesion molecule*) yang terdapat pada permukaan sel.

Dalam proses gastrulasi terjadi pembelahan dan perbanyakan sel terjadi pula gerakan sel dalam usaha mengatur dan menderetkan mereka sesuai dengan bentuk dan susunan tubuh individu. Ada dua kelompok gerakan yaitu epiboli dan emboli.

- a. Epiboli: Gerakan melingkup terjadi di sebelah luar embrio. Berlangsung pada bakal ektoderm, epidermis dan saraf. Gerakan yang besar berlangsung menurut poros bakal anterior-posterior tubuh. Sementara bakal mesoderm dan endoderm bergerak, epiboli menyesuaikan diri sehingga ektoderm terus menyelaputi seluruh embrio. Contohnya, perluasan ektoderm amfibia menuju blastoporus
- b. Emboli: Gerakan menyusup, terjadi di sebelah dalam embrio, berlangsung pada daerah- daerah bakal mesoderm, notochord, pre-chorda, dan endoderm. Daerah- daerah itu bergerak di arah blastocoel.

Pola gastrulasi ditentukan oleh struktur dan bentuk blastula akhir. Gastrulasi dari blastula bundar dan berongga (Coeloblastula) seperti pada Amphioxus dan katak. Gerakan yang baku adalah invaginasi. Blastula reptile dan Aves termasuk blastula pipih seperti cakram (diskoblastula). Gerakan yang baku adalah involusi. Pada blastula mamalia (blastosis), gerakan yang menonjol adalah gerakan proliferasi sel yang menyusup dan menyebar. Pada blastula padat (stereoblastula), gerakan yang menonjol adalah delaminasi. Proses gastrulasi dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

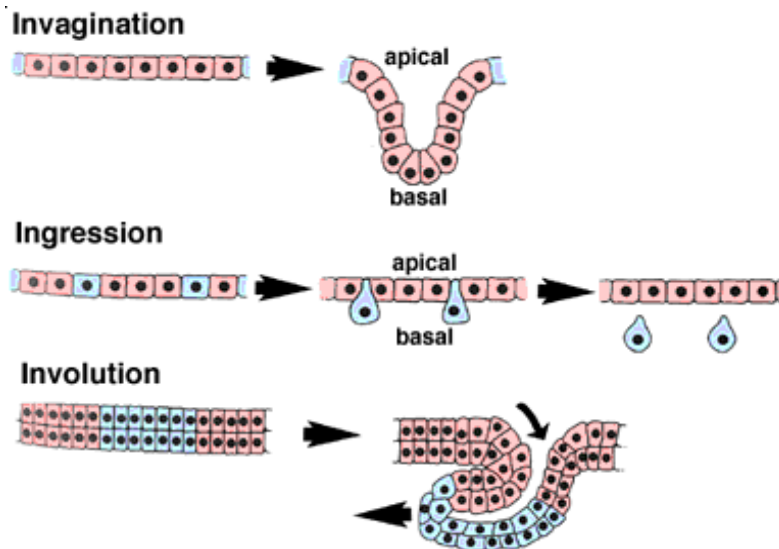
- a. Gastrulasi kelompok I
Tidak mempunyai wilayah ekstraembrio melainkan seluruh bagian blastula merupakan wilayah intraembrio. Contoh: Bulu babi, Amphioxus, Amfibi
- b. Gastrulasi kelompok II
Gastrulasi berlangsung pada suatu blastula yang merupakan diskus atau keping (blastodiskus atau blastoderm) yang terdiri atas bagian intraembrio dan ekstraembrio. Ciri khas pada kelompok ini yaitu adanya alur primitif (primitive streak). Contoh : Aves, Mamalia.

5. Pola Pergerakan Sel Gastrulasi

Gerakan sel-sel adalah pergeseran sel-sel atau daerah-daerah calon organ embrio dari lokasi topografis satu ke lokasi lain untuk membentuk struktur gastrula. Terdapat 6 pergerakan sel, yaitu:

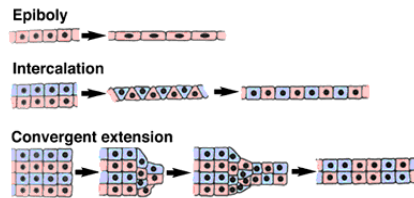
- a. **Invaginasi** : Lapisan sel bagian luar masuk atau melipat ke dalam. Peristiwa ini ditandai dengan adanya satu lapisan sel yang secara pasif tenggelam dan akhirnya menjadi / membentuk dinding rongga gastrocel.

- b. **Ingressi** : sel-sel bagian permukaan secara individual bermigrasi ke bagian dalam (interior) dari embrio. Sel atau kelompok sel terpisah dari lapisan / kelompok lain di dekatnya dan mengalami migrasi ke dalam blastocoel.
- c. **Involusi** : Lapisan sel membelok ke dalam dan kemudian membentang jauh ke bagian permukaan internal. sejumlah sel / lapisan sel yang bergerak masuk ke dalam gastrula



Gambar 1. Perbedaan invaginasi, ingress dan involusi

- d. **Epiboly** : Lapisan sel membentang dengan menipiskan bentuk sel-selnya menyeberangi permukaan luar sebagai suatu unit. pergerakan atau pergeseran yang terjadi pada permukaan gastrula. Meliputi perpindahan dan perluasan epidermal maupun neuroectodermal (Sugiyanto, 1996).
- e. **Interkalasi** : dua atau lebih deretan sel menyusun diri dengan masuk ke sela sela antara satu sel ke sel lainnya, sehingga terbentuk deretan sel yang lebih panjang dan lapisannya lebih tipis.
- f. **Convergent Extension (perluasan secara konvergen)** : Dua atau lebih deretan sel interkalasi, tetapi interkalasinya teratur dan terarah pada suatu tujuan. Mengumpulnya sel-sel yang jauh dari blastoporus ke daerah sekitar dekat blastoporus.



Gambar 2. Perbedaan epiboly, interkasi dan contvergent extension

6. Pergerakan Aktif Sel pada Gastrula

Sel-sel dapat bergerak aktif “merayap” dalam embrio dengan menggunakan serat sitoskeleton untuk menjulurkan dan menarik penjuluran seluler. Penjuluran sel-sel embrionik umumnya berupa lembaran pipih (lamellipodia) atau duri (filopodia). Matriks ekstra seluler berfungsi mengarahkan sel-sel yang sedang bermigrasi di sepanjang jalur tertentu. (Balinsky, 1976).

Pada gastrulasi beberapa organisme, invaginasi diawali oleh penyempitan (*wedging*) sel-sel pada permukaan blastula, penetrasi sel-sel untuk masuk lebih dalam ke bagian dalam embrio melibatkan ekstensi filopodia oleh sel-sel terdepan dari jaringan yang bermigrasi. Gerakan sel-sel tersebut akan menarik sel-sel yang mengikuti dibelakangnya untuk melalui blastopori, sehingga membantu menggerakkan lapisan sel dari permukaan embrio ke dalam blastosol untuk kemudian membentuk endoderm dan mesoderm embrio.

7. Proses Gastrulasi pada Hewan di Kelompok 1

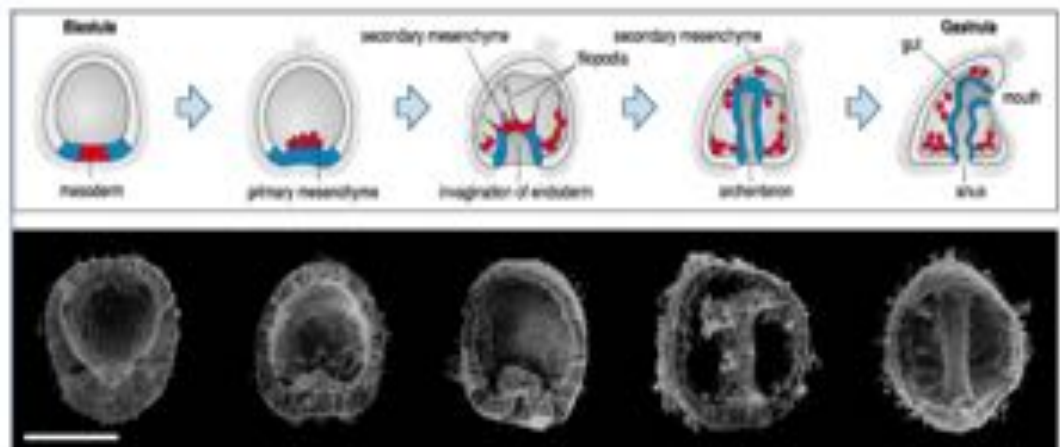
a. Gastrulasi Bulu Bali

Bulu babi merupakan hewan dengan tipe gastrulasi I, yaitu tidak mempunyai wilayah ekstraembrio melainkan seluruh bagian blastula merupakan wilayah intraembrio. Telur babi mengandung sedikit yolk yang tersebar merata, sehingga yolk tidak mengganggu pelekukan atau invaginasi dari blastula (Neil, et al, 2009). Proses-proses gastrulasi pada bulu babi yaitu:

- 1) Blastula, terdiri atas selapis sel tunggal bersilia yang mengelilingi blastosol. Gastrulasi dimulai dengan pembentukan lempeng vegetal.

Sel-sel mesenkim (calon mesoderm) memisah dari lempeng vegetal, berpindah ke dalam blastosoel

- 2) Lempeng vegetal pada gastrula awal mengalami invaginasi. Sel-sel mesenkim mulai membentuk penjuluran tipis (filopodia)
- 3) Lempeng vegetal pada gastrula awal mengalami invaginasi. Sel-sel mesenkim mulai membentuk penjuluran tipis (filopodia)
- 4) Lempeng vegetal pada gastrula awal mengalami invaginasi. Sel-sel mesenkim mulai membentuk penjuluran tipis (filopodia)
- 5) Sel-sel endoderm membentuk Arkenteron. Sel-sel mesenkim membentuk persambungan filopodia antara ujung arkenteron dan sel-sel ektoderm dinding blastosoel.
 - a) Gastrula akhir, kontraksi filopodia menarik arkenteron, sehingga endoderm arkenteron akan menyatu dengan ektoderm dinding blastosoel.
 - b) Gastrula selesai, terbentuk saluran pencernaan fungsional, mulut dan anus.(endoderm). Ektoderm membentuk permukaan luar bersilia.



Gambar 3. Proses gastrula pada bulu babi

b. Proses gastrulasi pada Amphibi

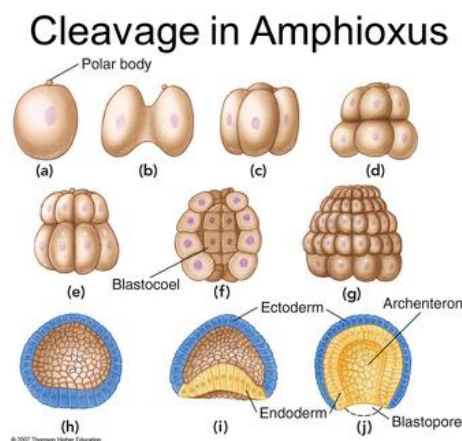
Gastrulasi amphioxus diawali pada daerah vegetatif embrio. Kutub vegetatif menjadi mendatar dan terdorong dan melipat ke arah dalam. Proses ini dinamakan invaginasi. Lapisan yang terinvaginasi secara

bertahap akan menghilangkan rongga blastula dan bertemu dengan lapisan blastomere yang berada di kutub anima.

Mitosis berjalan terus diikuti dengan terjadinya pelentikan sel-sel dari luar ke dalam melalui tepi blastoporus. Proses ini disebut involusi. Melalui invaginasi dan involusi, terbentuk ectoderm dan endoderem. Ektoderem sekarang membungkus embrio secara keseluruhan melalui proses epiboli.

6-7 jam sesudah pembuahan, terbentuk gastrula yang memiliki struktur berbentuk cangkir, terdiri atas lapisan sel bagian luar yang disebut epiblas yang akan menjadi ektoderem, dan lapisan sel bagian dalam atau hipoblas yang akan menjadi mesoderem dan endoderem. Rongga yang dibatasi oleh kedua pertemuan lapisan ini disebut arkenteron atau gastrocoel. Lubang yang menghubungkan rongga ini dengan daerah sebelah luarnya disebut blastoporus. Pada awal gastrulasi, blastoporus sangat besar, namun dengan pemanjangan dan pendataran bagian dorsal gastrula, blastoporus menjadi semakin kecil hingga tampak sebagai suatu lubang sempit yang terbuka atau pori saja.

Pada amphioxus ketika neural plate berinvaginasi, ectoderm epidermis mulai melipat dan bergerak melingkupi di dorso mediannya yang mulai berlangsung sejak dari bibir dorsal blastophore. Pelingkupan ectoderm sehingga menutupi bumbung neural didorsal, berlangsung terus dari posterior ke anterior. Sehingga hanya ada satu neurophore terbentuk pada amphioxus, yakni yang anterior.



c. Proses gastrulasi pada Amphibia.

Pembelahan awal yang terjadi pada embrio katak bersifat sinkron atau bersamaan waktunya, namun membentuk struktur yang asimetris. Perbedaan pembelahan ini dipengaruhi oleh kutub yang terjadi pada sel embrio hewan, yaitu kutub animal dan kutub vegetal. Pada katak, bagian kutub vegetal yang berisi kuning telur terdapat dalam jumlah yang lebih sedikit atau membelah lebih sedikit.

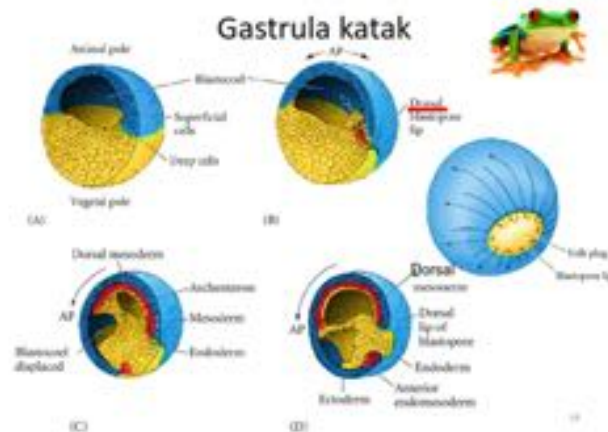
Sel embriogenik ini akan terus membelah dan membentuk struktur blastomer, yaitu struktur kumpulan sel yang membentuk bola padat.

Blastula terbentuk ketika sel embrio katak (struktur blastomer) terus membelah, bergerak, dan membentuk rongga pada bagian dalam (membentuk struktur bola berongga). Pada katak, rongga ini disebut *blastocoel* dan terisi cairan internal yang dibatasi oleh sel epitel. Gastrulasi dimulai dengan terbentuknya suatu celah di bawah bidang equator kurang lebih pada daerah kelabu. Pada daerah kelabu memiliki konstitusi sel-sel yang berbeda dengan daerah lain. Pada daerah ini, tegangan permukaan sel lebih rendah dan sel-sel lebih bersifat mobil. Salah satu factor yang menyebabkan sel-sel pada daerah kelabu memiliki mobilitas yang tinggi adalah karena sel-sel mengalami perubahan bentuk menjadi sel-sel botol yang lehernya terorientasi ke permukaan sehingga memungkinkan berlangsungnya perpindahan sel ke dalam. Pada daerah tersebut mula-mula terjadi indentasi atau pelengkungan yang disusul dengan terjadinya invaginasi dan pada akhirnya terjadi migrasi sel.

Lapisan pertama yang berpindah adalah sebagian kecil dari endoderem yang disusul dengan berpindahnya kordamesoderem. Sejalan dengan itu terbentuk suatu rongga baru yang disebut rongga arkenteron yang tumbuh semakin besar sejalan dengan berlangsungnya gastrulasi. Sementara itu rongga blastocoel mulai tereliminasi sedikit demi sedikit.

Neurulasi pada Katak, notokord terbentuk dari mesoderm dorsal yang berkondensasi persis di atas arkenteron. Tabung neuron berawal sebagai lempengan ektoderm dorsal, persis diatas notokord yang berkembang.

Setelah notokord terbentuk, lempeng neuron melipat ke arah dalam dan menggulung menjadi Tabung neuron (neural tube) yang akan menjadi sistem saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang).



d. Proses gastrulasi pada Aves

Hasil pemebelahan pada burung adalah suatu keping atau blastoderm yang terletak sebagai suatu tudung atas yolk. Bagian tengah dari blastoderm terpisah dari yolk oleh rongga subgerminal, sehingga tampak terang dan disebut area pelusida. Sebaliknya bagian tepi dari area pelusida tampak gelap karena berlekatan dengan yolk dan disebut area opaka. Sebagian besar dari sel-sel blastoderm berada pada lapisan permukaan atas, membentuk epiblast. Beberapa sel melepaskan diri dari epiblast ke dalam rongga subgerminal dan membentuk hipoblast primer. Tidak lama kemudian lapisan sel bermigrasi dari tepi posterior blastoderm dan bergabung dengan hipoblast primer membentuk hipoblast sekunder. Blastoderm pada burung terdiri atas dua yaitu epiblast dan hipoblast. Celah antara kedua lapis dapat disebut rongga blastula.

Ciri utama dari gastrulasi burung, reptilian, dan mamalia adalah adanya daerah unsure primitive (primitive streak). Daerah ini mula-mula tampak sebagai suatu penebalan pada bagian tengah dari area pelusida bagian posterior yang disebabkan karena adanya migrasi sel-sel dari daerah posteriolateral ke bagian tengah area pelusida. Bagian penebalan menyempit, bergerak ke anterior dan mengerut membentuk suatu parit

yang disebut daerah unsur primitif. Lekukannya disebut lekukan primitif dan berperan sebagai blastoporus. Pada ujung anterior terjadi penebalan disebut nodus Hensen. Bagian tengah nodus Hensen berbentuk sebagai suatu sumur dan melalui tepinya akan dilalui oleh sel-sel yang masuk ke rongga blastula.

Gastrulasi pada burung dilaksanakan oleh sel-sel yang bergerak secara sendiri-sendiri serta terkoordinasi, dari luar masuk ke dalam embrio, bukan melalui gerakan sel bersama dalam bentuk suatu lempengan. Gastrulasi pada burung tidak membentuk arkenteron sejati. Setelah endoderm dibentuk, yang menjadi arkenteron adalah rongga subgerminal yang atapnya dibatasi oleh endoderm, sedang dasarnya adalah yolk.

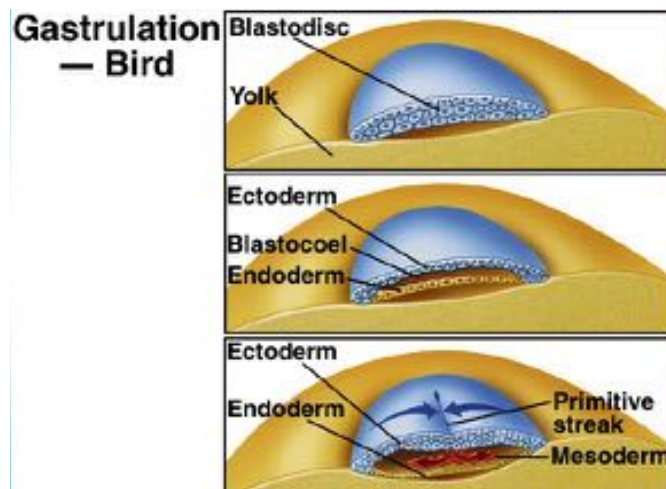
Akhirnya nodus bergeser mencapai posisinya yang paling posterior dan membentuk daerah anal. Pada tahap ini epiblast seluruhnya terdiri atas bakal sel-sel ektoderm yang berepiboli hingga mengelilingi yolk. Gastrulasi telah selesai dengan dibentuknya eksoderm, digantinya hipoblas dengan endoderm dan terletaknya mesoderm di antara kedua lapisan ini.

Sel-sel yang pertama bermigrasi melalui daerah unsur primitif adalah sel yang akan menjadi endoderm. Sel-sel ini bergerak ke anterior, bergabung dengan hipoblas dan akhirnya menggantikan hipoblast pada bagian anterior dari embrio. Sel berikutnya yang masuk melalui nodus Hensen juga bergerak ke anterior, tetapi tidak bergerak sejauh bakal endoderm. Sel-sel ini tetap berada di antara epiblast dan endoderm untuk membentuk mesoderm kepala dan notokord. Sel-sel yang masuk ini semua bergerak ke anterior, mendorong epiblast bagian tengah ke atas sehingga akhirnya terbentuk lipatan kepala. Sementara itu, makin banyak sel-sel bermigrasi masuk melalui daerah unsur primitif yang setelah masuk kedalam rongga blastula mereka memisahkan diri menjadi dua arah, satu masuk lebih dalam dan bergabung dengan hipoblast serta mendorong hipoblast ke tepi. Sel-sel ini akan membentuk semua organ-organ endodermal dan sebagian besar selaput ekstra-embrio.

Kelompok kedua menyebar membentuk suatu lembaran yang terbentang diantara epiblast dan hipoblas. Lembaran ini yang membentuk bagian mesoderm dari embrio dan selaput ekstra-embrio.

Sementara pembentukan mesoderm berlangsung, daerah unsure primitive mulai memendek sehingga nodus Hensen berpindah letak dari di tengah area pelusida menjadi berada di bagian posterior. Dengan perkataan lain, nodus Hensen bergerak ke posterior dan notokord posterior terbentuk.

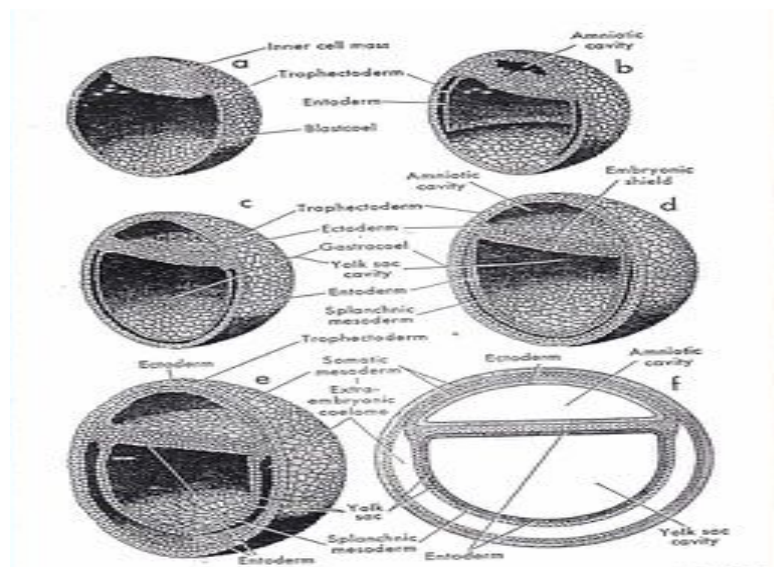
Akhirnya nodus bergeser mencapai posisinya yang paling posterior dan membentuk daerah anal. Pada tahap ini epiblast seluruhnya terdiri atas bakal sel-sel ektoderm yang berepiboli hingga mengelilingi yolk. Gastrulasi telah selesai dengan dibentuknya eksoderm, digantinya hipoblas dengan endoderm dan terletaknya mesoderm di antara kedua lapisan ini.



e. Gastrulasi pada Mamalia

Gastrulasi pada mamalia terjadi dari blastokista yang terdiri atas tropoblast dan massa-sel-dalam yang merupakan bakal tumbuh embrio. Pemisahan pertama dari sel-sel pada massa - sel - dalam adalah untuk pembentukan hipoblast, yang membatasi rongga blastula dan akan menjadi endoderm kantung yolk. Sisa dari massa-sel-dalam yang terletak di atas hipoblast berbentuk suatu keping, disebut keping embrio, terdiri atas epiblast. Epiblast memisahkan diri, dengan membentuk suatu rongga yang disebut amnion, dari epiblast embrio. Setelah batas amnion terbentuk dengan sempurna rongganya akan terisi dengan cairan amnion. Epiblast mengandung semua bahan untuk pembentukan tubuhnya.

Sambil epiblast bergastrulasi, sel-sel ekstra embrio mulai membentuk jaringan khusus agar embrio dapat hidup di dalam uterus induk. Sel-sel trofoblas membentuk suatu populasi sel dan membentuk sitotrofblast dan sinsitotrofblast. Sinsitotrofblast memasuki permukaan uterus sehingga embrio tertanam di dalam uterus. Uterus sebaliknya membentuk banyak pembuluh darah yang berhubungan dengan sinsitotrofblast. Tidak lama kemudian ini, mesoderm meluas ke luar dari embrio yang menjadi pembuluh darah untuk mengantar makanan dari induk ke embrio. Pembuluh ini merupakan darah dari tali pusat dan berada pada tangkai penyokong. Jaringan trofoblast dengan mesoderm yang mengandung pembuluh darah disebut korion dan peleburan korion dengan dinding uterus membentuk plasenta.



Tabel perbedaan embriogenesis pada amphioxus, aves, amphihi, dan mamalia

	Blastula	Gastrula	Neurula
Amphioxus	Bentuknya bundar	Terjadi invaginasi pada daerah vegetatif embrio	—

	Blastula	Gastrula	Neurula
Aves	Bentuknya cakram/gepeng	Terjadi penebalan di daerah bakal median embrio caudal (primitive streak)	Arkenteron dibentuk ketika lipatan lateral menekan dan memisahkan embrio menjauhi kuning telur
Amphibia	Bentuknya bundar	Terbentuknya suatu celah di bawah bidang equator pada daerah kelabu	Notocord terbentuk dari mesoderm dorsal di atas arkenteron
Mamalia	Bentuknya cakram/gepeng	Terbentuknya rongga amnion	–

TES FORMATIF

Dalam proses gastrulasi terjadi pembelahan dan perbanyakan sel, terjadi pula gerakan sel dalam usaha mengatur dan menderetkan mereka sesuai dengan bentuk dan susunan tubuh individu.

- Bagaimana mekanisme seluler dalam proses gastrulasi embrio pada hewan?
- Bagaimanakah pola pergerakan sel gastrulasi?

KEGIATAN BELAJAR 8

NEURULASI

URAIAN MATERI

1. Pengertian Neurulasi

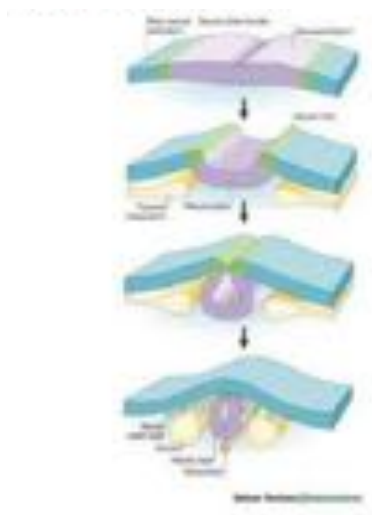
Neurulasi adalah proses pembentukan bumbung neural (= bakal sistem saraf pusat). Neurulasi juga dapat diartikan sebagai pembungkungan (proses pembentukan bumbung /saluran-saluran dari lapisan lembaga). Embrio yg mengalami neurulasi → neurula.

2. Ciri Khas Embrio (memasuki Neurulasi)

Tahap akhir proses gastrulasi ditandai dengan terbentuknya gastroselum dan sumbu embrio sehingga embrio mulai tumbuh memanjang. Tubulasi merupakan kelanjutan dari proses stadium gastrula. Embrio pada stadium ini disebut neurula karena pada tahap ini terjadi neurulasi yaitu pembentukan bumbung neural. (Kusumawati et al., 2016).

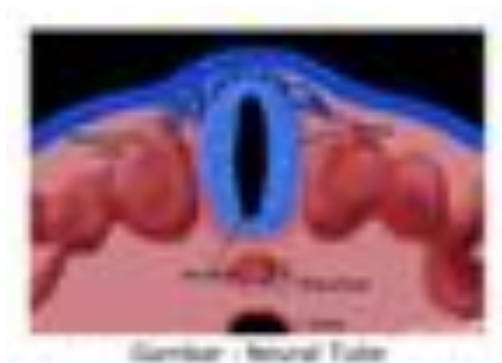
3. Proses Neurulasi

Proses neurulasi diawali dengan adanya induksi dari notocord sebagai induktor terhadap ektoderm neural yang terletak di atasnya yang berperan sebagai jaringan. Induksi memperlihatkan adanya tingkatan. Induksi paling awal oleh induksi dan disebut sebagai induksi primer sedangkan induksi-induksi selanjutnya disebut induksi sekunder. tanpa adanya induksi neural, induksi-induksi selanjutnya, terutama yang terjadi pada tahap organogenesis, tidak dapat berlangsung dan embrio tidak akan berkembang lanjut secara sempurna. Kebanyakan proses induksi ini bersifat instruktif dan sisanya permisif.

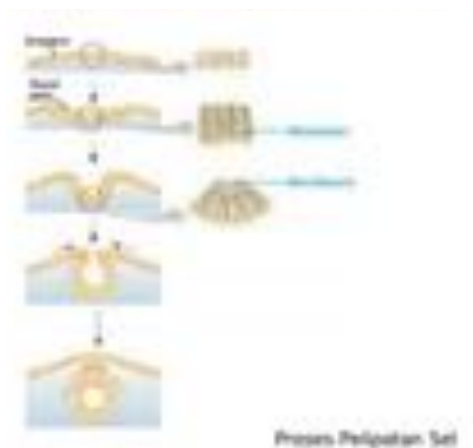


Gambar : Proses Neurulasi dan hasil akhir dari Neurulasi

Setelah mengalami induksi primer, selanjutnya ektoderm neural akan mengalami perubahan antara lain sel-selnya meninggi menjadi silindris dan berbeda dari sel-sel ektoderm bakal epidermis yang berbentuk kubus. Perubahan sel-sel melibatkan pemanjangan mikrotubul, yaitu salah satu komponen sitoskelet. Meningginya sel-sel keping neural (neural plate) menyebabkan keping neural menjadi sedikit terangkat dari ektoderm disampingnya. Sebagai respon terhadap induksi sel-sel keping neural mensintesis, NA baru dan terdeterminasi untuk berdiferensiasi menjadi bakal sistem saraf pusat. kedua bagian tepi keping neural melipat menjadi lipatan neural mengapit keping yang melekok yaitu lekuk neural (neural groove). Kedua lipatan neural (neural fold) akan bertemu berfusi di bagian mediodorsal embrio sehingga terbentuk bumbung neural seperti tampak pada tahap-tahap pembentukan bumbung neural (neural tube).



Bersamaan dengan terbentuknya bumbung neural maka sel yang merupakan turunan dari ektoderm mengalami perubahan menjadi neural crest. Neural crest nantinya akan berkembang menjadi ganglion dan pigmen kulit pada manusia. Pada tingkat awal rongga dalam dari neural tube masih berhubungan dengan rongga enteron melalui neurenterit anal yang kelak akan lenyap karena enteron membentuk lubang baru yang menghubungkannya dengan dunia luar yaitu lubang anus.



Sejak tahap lipatan neural bahkan mungkin sejak keping neural sudah tampak bahwa bagian neural anterior lebih melebar dan akan membentuk otak sedangkan bagian posterior lebih sempit yaitu bakal medulla spinalis atau sumsum tulang belakang atap arkenteron pada

awalnya adalah notocorda tetapi kemudian menjadi endoderm sebagai hasil proliferasi endoderm faring ke arah posterior. Kemudian menjadi bumbung neural berlangsung mula-mula sekali di perbatasan antara bakal otak dan bakal sumsum tulang belakang kemudian beranjak ke arah anterior dan posterior. Akhir-akhir ini diketahui bahwa penutupan bumbung neural pada manusia memperlihatkan pola yang berbeda dengan hewan lain karena awal penutupannya berlangsung pada tempat-tempat yang berbeda sepanjang sumbu anterior-posterior. Pada ujung anterior dan ujung posterior untuk sementara tampak bagian yang masih terbuka berupa lubang atau poros dan masing-masing disebut neuroporus anterior dan neuroporus posterior. Bumbung neural anterior akan berdiferensiasi menjadi beberapa wilayah otak.



Otak berkembang dari neural tube bagian anterior. Bagian anterior ini lebih besar dan berkembangnya lebih tepat dibandingkan dengan bagian posterior yang panjang dan menyempit dan kemudian menjadi spinal cord (sumsum tulang belakang). Persyaratan tubuh merupakan cabang-cabang dari neural tube yang mengalami diferensiasi. Setiap benang syaraf terdiri dari seberkas serabut syaraf yang tersusun dari sel-sel syaraf yang terjadi setelah adanya diferensiasi perkembangan otak dan sumsum tulang belakang. Notochord tidak bersegmendan dapat dijumpai pada semua hewan vertebrata dalam masa embrional yang membujur sepanjang embrio diantara neural tube dan archenteron. Adanya notochord pada vertebrata sangat singkat dan kemudian diganti seluruhnya dengan vertebral column (tulang belakang yang bersegmen) kecuali pada amphioxus dewasa masih terdapat notochord dan tidak diganti dengan tulang belakang.

4. Jenis Neurulasi

Pada hakikatnya neurulasi terbagi menjadi dua jenis berdasarkan bagaimana neural tube terbentuk.

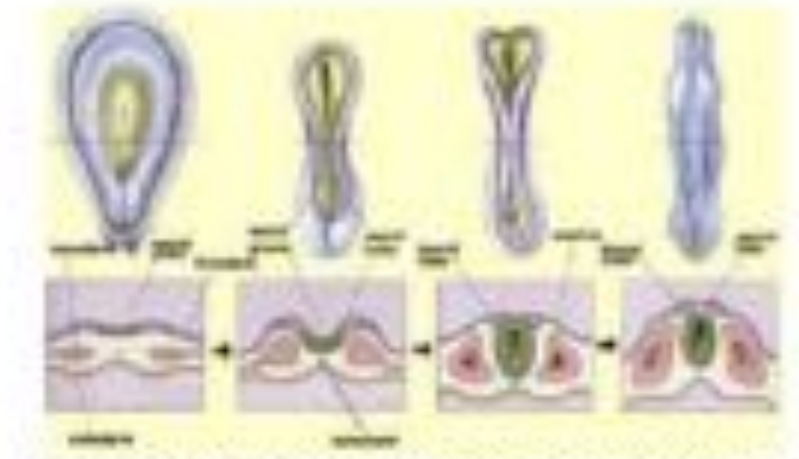
i. Neurulasi primer

Proses ini terjadi pada mamalia dan aves dimana neural tube terbentuk akibat adanya proses pelekukan atau invaginasi dari lapisan ektoderm neural yang diinisiasi oleh

notocord. Neurulasi primer bumbung neural dibentuk dengan para pelipatan keping neural dan bertemunya kedua lipatan itu.

2. Neurulasi sekunder

Proses neurulasi ini terjadi dengan ditandainya pembentukan neural tube tanpa adanya pelipatan ektoderm neural melainkan pemisahan ektoderm neural dari lapisan ektoderm epidermis baru kemudian membentuk neural tube. Proses ini terjadi pada ikan. Ektoderm adalah lapisan yang paling atas dan akan membentuk sistem saraf pada janin tersebut yang seterusnya membentuk otak tulang belakang kulit serta rambut.

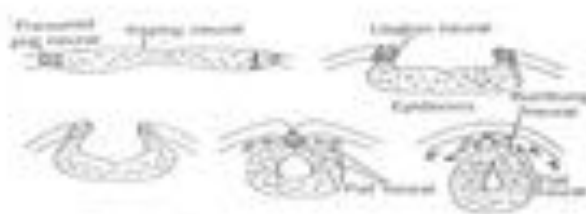


5. Definisi Pial Neural

Sel-sel pial neural terlepas dari perbatasan ektoderm neural dan ektoderm epidermal setelah kedua lipatan neural bertemu membentuk bumbung neural, menghasilkan sel-sel mesenkim wajah. Pial neural bersifat migratif dan akan bermigrasi 6 cukup jauh ke tempat-tempat tertentu di dalam embrio.

Di tempat kedudukannya yang terakhir, pial neural akan berdiferensiasi menjadi berbagai struktur, misalnya :

- i. Neuron, termasuk ganglia saraf sensoris, simpatis dan parasimpatis, serta sel-sel neuroglia;
- ii. Sel-sel penghasil epinefrin (medula) kelenjar adrenal;
- iii. Sel-sel pigmen pada epidermis;
- iv. Berbagai komponen rangka dan jaringan ikat wilayah kepala. Tergantung pada kedudukan awal dalam tubuh embrio



6. Diferensial Pial Neural berdasarkan Arah Migrasi

Deferensiasi pial neural berdasarkan arah migrasi dan kedudukan akhir sel-sel tersebut:

a. Pial cranial

Sel-sel pial bermigrasi dorsolateral dan menghasilkan mesenkim wilayah tengkorak dan wajah (kraniofasial) yang akan berdiferensiasi menjadi rawan, tulang, neuron cranial, glia, dan jaringan ikat wajah. Selain itu terdapat pula sel-sel yang masuk ke dalam kantung faring (kantung faring ialah evaginasi faring ke arah lateral berpasangan kiri dan kanan) untuk menghasilkan sel-sel timus, odontoblasts, rawan telinga dalam, serta rahang

b. Pial tubuh (*trunk crest*)

Sel-sel pial neural tubuh bermigrasi mengikuti dua jalur utama. Jalur pertama ialah kearah permukaan dorsal menuju ectoderm, kemudian sel-sel pial tersebut berdiferensiasi menjadi sel-sel pigmen dalam epidermis atau dermis, tergantung dari jenis hewannya. Jalur kedua lebih mengarah ke bagian ventral yaitu melewati dan mengitari sklerotom (sklerotom merupakan kelompok sel-sel mesenkim yang mengelilingi bumbung neural dan notokord yang akan berdiferensiasi menjadi rawan vertebra). Sel-sel yang bermigrasi mengikuti jalur kedua ini, akan berdiferensiasi menjadi komponen-komponen sistem saraf autonom dan berbagai struktur lainnya. Beberapa sel di daerah pial tubuh ada yang masih tetap di dekat tempat semula, namun segera akan beragregasi membentuk segmen-segmen yang berpasangan dan menjadi akar ganglion saraf sensoris.

c. Pial Vagal dan Pial Sacral

Sel-sel pial ini akan menghasilkan ganglion parasimpatik usus. Apabila pial neural ini gagal bermigrasi ke dalam kolon, maka akan mengakibatkan hilangnya gerak peristaltik karena tidak terbentuknya ganglion usus.

d. Pial kardiak

Pial Kardiak terletak di antara pial cranial dan pial tubuh, berhimpit dengan kedudukan sebagian pial vagal. Struktur yang dapat dihasilkannya yaitu melanosit, neuron, rawan, jaringan ikat di lengkung faring 3,4,6 (lengkung faring adalah penonjolan jaringan mesoderm diantara kantung faring yang satu dengan yang berikutnya). Selain itu, pial tersebut juga dapat membentuk jaringan otot dan jaringan ikat pada dinding arteri-arteri besar yang muncul dari jantung dan terdapat pula pada sekat-sekat yang memisahkan sirkulasi pulmonalis dari sirkulasi aorta.

7. Faktor yang mempengaruhi Diferensiasi Sel-sel Pial Neural

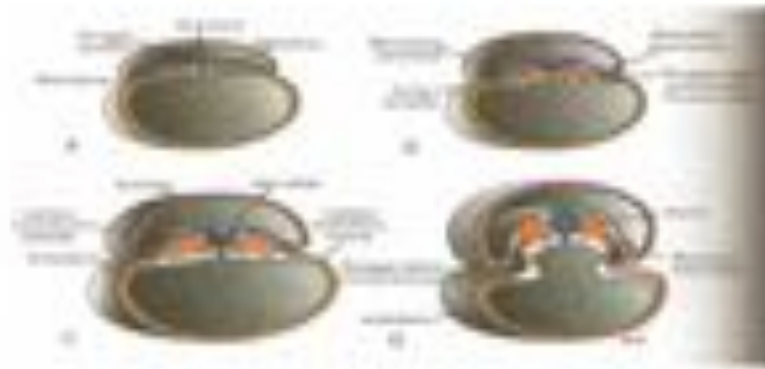
Selain dipelajari turunan-turunan pial neural setelah dewasa, perlu dipelajari pula faktor-faktor yang menyebabkan pial neural bermigrasi dari tempatnya semula di dekat bumbung neural, menunjang migrasi dan jalur atau arah migrasi pial neural, dan menghentikan migrasi pial neural setelah tiba di tempatnya yang definitive.

Mekanisme diferensiasi pial neural menjadi berbagai struktur, serta informasi intrinsik atau ekstrinsik yang diperlukan untuk diferensiasinya, masih banyak yang belum terungkap. Hasil-hasil penelitian mutakhir menunjukkan adanya berbagai molekul yang sintesisnya dikontrol oleh berbagai gen yang relevan, yang mengontrol migrasi sel dan diferensiasi akhir pial neural. Di antara molekul-molekul itu ada protein “slug” yang diekspresikan oleh pial neural tahap pramigrasi. Dihilangkannya protein ini dapat menghambat migrasi pial neural. Hal ini menandakan bahwa protein “slug” berperan dalam migrasi pial neural.

Molekul lain yang juga potensial dalam memacu migrasi pial neural adalah molekul adhesif N-kadherin yang mengalami “down regulated” pada saat mulai migrasi dan mengubah sel-sel yang semula berupa epithelium menjadi mesenkimal. Sebelum bermigrasi, molekul ini terdapat di permukaan sel pial neural dan kemudian hilang pada saat migrasi dan diekspresikan kembali setelah tiba di tempat tujuan. Bersamaan dengan hilangnya N-kadherin dan bermigrasinya sel-sel pial secara individual, matriks ekstraseluler yang mengintari permukaannya menjadi lebih adhesif, sehingga jalur migrasi sel-sel pial menjadi terarah oleh karena itu, tampak bahwa jalur migrasi pial neural dikontrol oleh matriks ekstraseluler. Untuk spesies hewan yang berbeda, bahwa untuk wilayah pial yang berbeda di dalam satu embrio yang sama pun, diperlukan jenis matriks ekstraseluler yang berbeda pula.

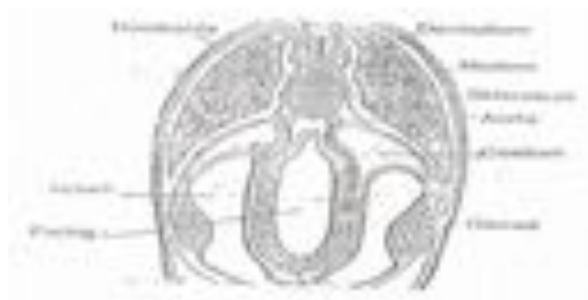
Untuk pial neural tubuh, tampaknya bukan senyawa-senyawa itu yang mengontrol migrasi ini, serta penghilangan molekul-molekul tersebut pengikatannya melalui antibody masing-masing, ternyata tidak begitu menghambat migrasinya. Secara umum, matriks ekstraseluler yang dipilih pial neural untuk menunjang migrasi adalah lamina basal dan fibronectin, sedangkan kondroitinsulfat malah menghambat migrasi. Tergantung dari jenisnya, diferensiasi pial neural di tempatnya yang definitive dapat ditemukan oleh faktor lingkungan atau oleh faktor inheren (intrinsik) di dalam sel itu, yang berarti sel-sel itu sudah terdeterminasi sebelum menunggang bumbung neural. Pada tahap yang sangat awal beberapa pial neural mungkin masih bersifat pluripoten. Dengan bertambahnya umur embrio sel-sel itu akan mengalami “restriction” atau keterbatasan untuk berkembang menjadi bermacam-macam struktur embrio, karena telah terdeterminasi, kemudian terdiferensiasi secara morfologi dan secara fungsional.

8. Proses pembentukan lanjut Mesoderm pada Hewan



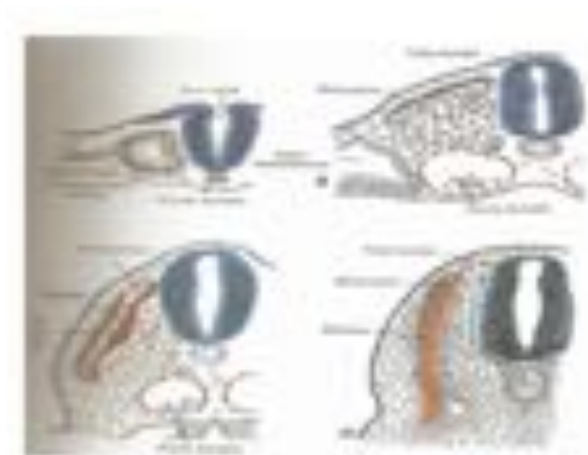
a. *Amphioxus*

Pembentukan mesoderm diawali dengan gerakan evaginasi lateral dari bagian dorsolateral. Selanjutnya mengalami evaginasi mediodorsal dan delaminasi membentuk notokorda. Mesoderm di bagian dorso-lateral → somit/epimer (segmental). Somit terdiri dari : dermatom (luar), miotom, dan sklerotom. Mesoderm di bagian latero-ventral/hipomer terdiri dari mesoderm lateral dan ventral yang tidak mengalami segmentasi. Mesoderm ini terbelah dua: mesoderm somatik (parietal) dan mesoderm splanknik (viseral)



Gambar Diferensiasi sekunder mesoderm pada Amphioxus

b. Amphibi



Pembagian mesoderm : notokord terbentuk dari mesoderm dorsal yang berkondensasi persis di atas arkenteron. Tabung neuron berawal sebagai lempengan ektoderm dorsal, persis diatas notokord yang berkembang. Setelah notokord terbentuk, lempeng neuron melipat ke arah dalam dan menggulung menjadi Tabung neuron (neural tube) yang akan menjadi sistem saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang).



Gambar Diferensiasi sekunder mesoderm pada Amphibia

c. Unggas Agregasi

- 1) Mesoderm di bagian kepala disebut somitomer
- 2) Somit 1, dibentuk posterior somit 7
- 3) Pemadatan somit disokong oleh molekul fibronektin dan N-kadherin.
- 4) Somit 1 → anterior kepala embrio Somit 7 → posterior nodus Hensen
- 5) Peran somit : bakal otot skelet kepala
- 6) Somit :
 - Muncul di bagian posterior somit terdahulu, sepasang/ jam
 - Spesies spesifik jumlahnya (unggas = 50 pasang)
 - Terdiri atas : dermatom, miotom, dan sklerotom ↓ Somit epitelial bersifat mesenkimal (karena induksi notokorda dan bumbung neural).

d. Mamalia

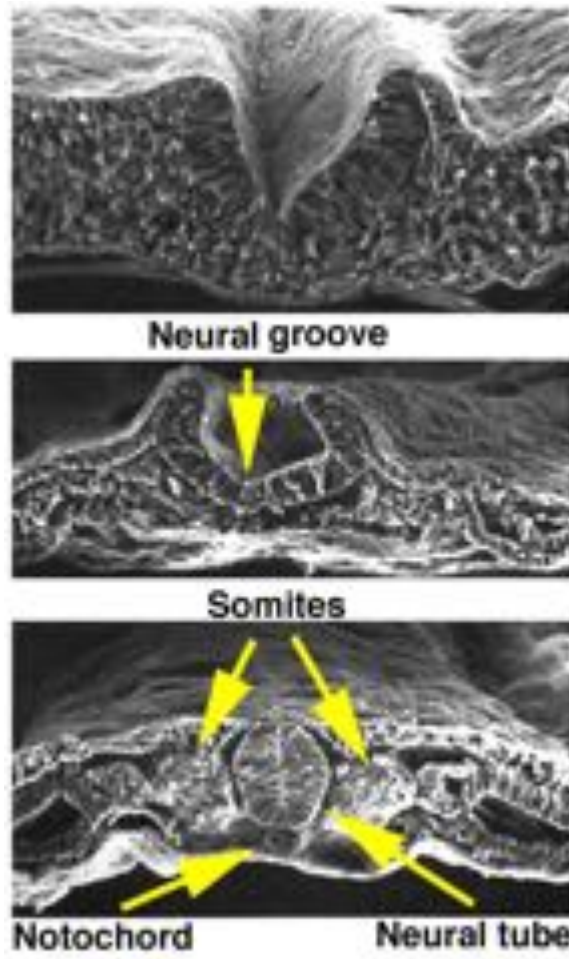
Prosesnya sama dengan unggas, namun terdapat perbedaan antara mamalia dan unggas antara lain :

- 1) Keping embrio mamalia terletak di dalam suatu bola dengan trofoblas sebagai permukaannya.
- 2) Mesoderm paraksial tidak segmental pada awalnya, setelah menjadi somit tampak adanya segmentasi.

e. Aves

Proses neurulasi diawali dengan adanya induksi dari kordamesoderm yaitu bakal notokorda, sebagai inductor, terhadap ektoderm yang terletak tepat di atasnya

(ectoderm neural). Ectoderm neural berperan sebagai jaringan kompeten. Induksi paling awal adalah induksi neural (induksi primer).. Kebanyakan induksi bersifat instruktif dan sisanya bersifat permisif. Inductor melakukan aksi (instruksi) terhadap jaringan kompeten untuk berubah atau berdiferensiasi. Pada induktif permisif, inductor tidak melakukan sesuatu hal terhadap sel yang mengalami diferensiasi, misalnya sebagai jalur untuk bermigrasi.



Gambar Proses pembentukan bumbung neural .

Setelah mengalami induksi primer, selanjutnya ectoderm neural akan memperlihatkan perubahan, antara lain sel-selnya meninggi menjadi silindris berbeda dari sel-sel ectoderm bakal epidermis yang berbentuk kubus. Perubahan sel-sel ini melibatkan pemanjangan mikrotubul. Meningginya sel-sel keeping neural menyebabkan keeping neural menjadi sedikit terangkat dari ectoderm disampingnya. Sebagai respon terhadap induksi, sel-sel keeping neural mensintesis RNA baru dan terdeterminasi untuk berdiferensiasi menjadi bakal system saraf pusat. Kedua bagian tepi keeping neural melipat menjadi lipatan neural, mengapit bagian keeping yang melekuik yaitu lekuk neural. Kedua lipatan neural akan bertemu dan berfusi di bagian mediodorsal embrio sehingga terbentuk bumbung neural.

Neurulasi berlangsung di sebelah anterior nodus hensen setelah ectoderm neural diinduksi oleh notokorda. Terjadinya pelipatan atau pelekukan keeping neural disebabkan antara lain : (1) adanya kontraksi mikrofilamen di bagian apeks sel (2) adanya molekul pengait (sehingga notokorda berpaut dengan keeping neural yang berada tepat di atasnya) ; (3) adanya perubahan bentuk sel-sel alas keeping neural karena kontraksi mikrofilamen bagian apeks sel. Kejadian nomor dua tersebut disertai dengan proses proliferasi sel-sel penyusun neural, sehingga tepi kiri dan kanan keeping neural akan terangkat dan melipat. Kontraksi mikrofilamen mengakibatkan sel-sel alas berubah menjadi bentuk baji, yang dikenal dengan nama medianhinge (MH). Pada sisi dorsal lateral terdapat dorsal lateral hinge (DLH) atau engsel dorsal lateral juga menyebabkan lekukan dan membantu bersatunya kedua lipatan sehingga terbentuk bumbung neural. Rongga di dalam bumbung neural dinamakan neurosoel. Saluran ini untuk sementara berhubungan dengan arkenteron melalui suatu saluran pendek yang disebut kanalis neurenterikus.

Neurulasi pada aves termasuk dalam neurulasi primer, dimana bumbung neural dibentuk dengan cara pelipatan keeping neural dan bertemunya kedua lipatan itu. Perkembangan pada suatu embrio berlangsung sefalokaudal yang berarti tahap perkembangan di wilayah kepala atau anterior sudah berlanjut sampai bagian ekor atau posterior. Pada kebanyakan hewan, sel-sel pial neural terlepas dari perbatasan ectoderm neural dan ectoderm apidermal setelah kedua lipatan neural bertemu membentuk bumbung neural. Selain itu, hasil transplantasi keeping neural pada ectoderm non-neural embrio aves membuktikan bahwa baik epidermis maupun keeping neural terlibat dalam pembentukan pial neural. Pial neural bersifat migratif dan akan bermigrasi cukup jauh ke tempat-tempat tertentu di dalam embrio. Di tempat kedudukannya yang terakhir, pial neural akan berdiferensiasi menjadi berbagai struktur.

Pembentukan notokorda dan pembentukan lanjut mesoderm sebenarnya berlangsung secara simultan dengan proses neurulasi, mesoderm pada aves terdapat sebagai suatu lempengan di sebelah kiri dan kanan ventral dari alur Primitive atau dari ectoderm neural, mesoderm bagian peroksimal yang sejajar dengan notokorda disebut mesoderm paraksial atau keping segmental, mesoderm paraksial ini akan beragresi dan membentuk struktur epithelia memadat dan bersegmen-segmen disebut somit, Di bagian kepala terdapat agresi mesoderm yang tidak begitu memadat disebut somitomer. Somit pertama dibentuk posterior dari somitomer ke 7.

Pasangan somit pertama dibentuk mulai somit ke delapan. Sedangkan somitomer- somitomer sebelumnya tetap tersusun renggang dan berperan dalam pembentukan otot skelet di daerah kepala. Somit-somit berikutnya bermunculan diujung rostral dari mesoderm paraksial di posterior dari somit yang terdahulu. Yang

berlangsung satu pasang tiap jam, jumlah somit adalah spesifik untuk setiap spesies, pada aves jumlah somit adalah 50 pasang. Embagian dan perkembangan wilayah-wilayah somit yaitu dermatom, miotom, dan sklerotom.

9. Membedakan Proses Pembentukan lanjut Mesoderm pada Hewan

Perbedaan Amphioxus dengan Amphibia : Dermatome dan sklerotome Amphibia tidak hanya berupa lapisan tipis, melainkan sel-sel mesenkim yang awalnya epitelial (dari sel-sel somit). Dermatome menjadi dermis dan sklerotome mengalami kondensasi di sekeliling notokorda dan buncung neurula membentuk columna vertebrae dan menjadi rusuk. Sedangkan Perbedaan Unggas dari Amphibia dan Amphioxus: Mesoderm lateral tidak hanya menentukan bagi intraembrio, bagoan distal akan membentuk ekstraembrio, Embrio unggas → diskus, Notokorda sudah terpisah dengan mesoderm paraksial sejak awal pembentukannya

Tabel perbedaan embriogenesis pada amphioxus, aves, amphibi, dan mamalia			
	Blantula	Gastrula	Neurula
Amphioxus	Bentuknya bundar	Terjadi invaginasi pada daerah vegetatif embrio	–
Aves	Bentuknya cakram/gepeng	Terjadi penebalan di daerah bakal median embrio caudal (primitive streak)	Arkenteron dibentuk ketika lipatan lateral menekan dan memisahkan embrio menajauhi kuning telur
Amphibia	Bentuknya bundar	Terbentuknya vastu celah di bawah bidang equator pada daerah kelabu	Notocord terbentuk dari mesoderm dorsal di atas arkenteron
Mamalia	Bentuknya cakram/gepeng	Terbentuknya rongga amnion	–

TES FORMATIF

Neurulasi berasal dari kata neuro yang berarti saraf. Neurulasi adalah proses penempatan jaringan yang akan tumbuh menjadi saraf, jaringan ini berasal dari diferensiasi ectoderm, sehingga disebut ectoderm neural.

- Jelaskan bagaimanakah proses neurulasi!
- Sebutkan jenis-jenis neurulasi sebagaimana neurulasi tube tersebut terbentuk?

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, R. 2015. *Reproduksi Perkembangan Hewan*.
- Aulanni'am. (2011). INHIBIN B MENGHAMBAT EKSPRESI MOLEKUL PROTAMINE P2 DI DALAM KEPALA SPERMATOZOA TIKUS (*Rattus norvegicus*). *Jurnal Kedokteran Hewan*, 78-79.
- Campbell Reece-Mitchell. BIOLOGI jilid 3 edisi ketujuh. Jakarta, Erlangga. 2003.
- Herlina P. 2014. *Implantasi dan Plasentasi*.
- Kusumawati, A., Febriany, R., Hananti, S., Sartika Dewi, M., Istiyawati, N., Reproduksi dan Kebidanan Fakultas Kedokteran Hewan, D & Kedokteran Hewan, F. (2016). *Perkembangan Embrio dan Penentuan Jenis Kelamin DOC (Day-Old Chicken) Ayam Jawa Super Sexing Day-Old Chick and Developmental Stage of the Super Javanese Chicken Embryo 1 2 2 2 3. 34(1), 29–41*. Retrieved from <https://media.neliti.com/media/publications/133412-ID-perkembangan-embrio-dan-penentuan-jenis.pdf>.
- Suberata, W. 2014. *Fertilisasi, Cleavage Dan Implantasi*.
- Soeminto, D (2014). *Perkembangan Hewan dan Manusia* (bagian 2). Tahapan Embriogenesis.
- Sujono, T.W, dan Maman Rumanta. 2015. *PERKEMBANGAN HEWAN*. Banten: Universitas Terbuka.
- Sukada, I Ketut. Gametogenesis Oogenesis Spermatogenesis. Fakultas Peternakan. Universitas Udayana.
- Susari, N.N.W, dan N.L.E Setiasih. 2016. *FERTILISASI PADA HEWAN*. Denpasar: Universitas Udayana.
- Tim Penulis. (2015). *BUKU AJAR REPRODUKSI PERKEMBANGAN HEWAN*. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Wahyu, A. dkk. 2017. *Embriologi Hewan Pembelahan (Cleavage)*.
- WordPress.com weblog (2010, 11 mei). PERBEDAAN EMBRIOGENESIS PADA AMPHIOXUS, AVES, AMPHIBIA DAN MAMALIA. Diakses pada Sabtu, 02 Januari 2021, dari <https://deximel.wordpress.com/2010/05/11/perbedaan-embriogenesis-pada-amphioxus-aves-amphibia-dan-mamalia/>
- Yatim, Wildan. 1990. *Reproduksi dan Embriologi*.
- <https://seputarilmu.com/2019/08/oogenesis.html>.
- https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_dir/9b912008b0a188a7e421d9a36050e.pdf.

<https://bocahradiography.wordpress.com/2012/05/14/anatomi-dan-fisiologi-organ-genetalia-wanita/>.

<https://idschool.net/sma/3-tahapan-oogenesis-pada-pembentukan-sel-telur-wanita/>.

<https://idschool.net/sma/reproduksi-aseksual-pada-hewan/>.

<https://fa.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/56/2016/06/Reproduksi.pdf>.

<http://repository.ut.ac.id/4291/1/PEBI4310-M1.pdf>.

[https://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/sistem reproduksi pria1.pdf](https://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/sistem_reproduksi_pria1.pdf).

<https://www.seputarpengetahuan.co.id/2020/04/alat-reproduksi-pria.html>.

[http://eprints.undip.ac.id/50717/3/Koo Melyza Hartono 22010112130069 Lap.KTI BAB 2.pdf](http://eprints.undip.ac.id/50717/3/Koo_Melyza_Hartono_22010112130069_Lap.KTI_BAB_2.pdf).

[http://eprints.undip.ac.id/52336/3/Bab II.pdf](http://eprints.undip.ac.id/52336/3/Bab_II.pdf).

<http://repository.unimus.ac.id/546/3/BAB%20II.pdf>.

<https://core.ac.uk/download/pdf/16508412.pdf>.

<http://repository.ut.ac.id/4291/1/PEBI4310-M1.pdf>.

[http://eprints.undip.ac.id/56169/3/Rahmawan Bagus Maheyasa 22010113120067 Lap.KTI Bab2.pdf](http://eprints.undip.ac.id/56169/3/Rahmawan_Bagus_Maheyasa_22010113120067_Lap.KTI_Bab2.pdf).

<http://alitbudiartawan.blogspot.com/2015/12/fertilisasi.html>.

<https://www.halodoc.com/artikel/faktor-ini-memengaruhi-kesuburan-wanita>.

<https://www.academia.edu/19253226/ORGANOGENESIS?auto=download>