



**BUKU
AJAR**

**BIOLOGI
REPRODUKSI**



OLEH:

TIM PENYUSUN

**PROGRAM STUDI KEBIDANAN PROGRAM SARJANA
FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS dr.
SOEBANDI
YAYASAN *JEMBER INTERNATIONAL SCHOOL*
TAHUN 2024/2025**

BUKU AJAR BIOLOGI REPRODUKSI

TIM PENYUSUN

Penanggung Jawab Mata Kuliah:

Dinar Perbawati, S.ST., M.Kes

Anggota:

Asri Iman Sari, S.ST.,M.Keb

Yuni Handayani, S.ST.,M.Kes

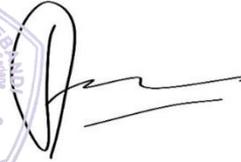
LEMBAR PENGESAHAN

Buku Ajar ini telah dikaji dan disetujui pada:

Hari : Rabu

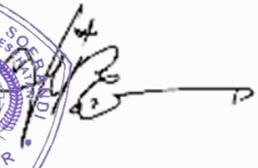
Tanggal : 12 Februari 2025

Program Studi Kebidanan Program Sarjana
Ketua,




Rizki Fitrianingtyas, S.ST.,M.Keb
NIDN. 0702068702

Mengetahui
Fakultas Ilmu Kesehatan
Dekan,




Ai NurZannah, S.ST.,M.Keb
NIDN. 0719128902



UNIVERSITAS dr. SOEBANDI
FAKULTAS ILMU KESEHATAN

Jl. Dr Soebandi No. 99 Jember, Telp/Fax. (0331) 483536,
E_mail : fikes@uds.ac.id Website: <http://www.uds.di.ac.id>

KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS dr. SOEBANDI

Nomor : 891/FIKES-UDS/K/II/2025

Tentang

**PENETAPAN BUKU AJAR DAN MODUL PRAKTIKUM
PROGRAM STUDI KEBIDANAN PROGRAM SARJANA DAN PROGRAM STUDI PENDIDIKAN
PROFESI BIDAN PROGRAM PROFESI FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS dr.
SOEBANDI SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2024/2025**

**DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA
DEKAN FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS dr. SOEBANDI JEMBER**

- Menimbang : a. Bahwa dalam rangka pelaksanaan Pengajaran Program Studi Kebidanan Program Sarjana Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas dr. Soebandi Tahun Akademik 2024/2025 agar berjalan dengan lancar perlu menetapkan Buku ajar dan Modul Praktikum;
- b. Bahwa berdasarkan sub a tersebut diatas dirasa perlu menetapkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas dr. Soebandi;
- Mengingat : 1. Undang -Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan;
2. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
3. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
4. Undang – Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen;
5. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2009 tentang Dosen;
6. Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 1999 tentang Pendidikan Tinggi;
7. Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 2015 tentang Perubahan kedua Atas Peraturan Pemerintah Nomor 19 tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan;
8. Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 234/U/2000 tentang Pedoman Pendirian Perguruan Tinggi;
9. Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 291/E/O/2021 tentang Perubahan Bentuk Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Dr. Soebandi Di Kabupaten Jember Menjadi Universitas dr. Soebandi Di Kabupaten Jember Provinsi Jawa Timur Yang Diselenggarakan Oleh yayasan Pendidikan Jember International School;
10. Statuta Universitas dr. Soebandi;

MEMUTUSKAN

- Menetapkan :
PERTAMA : SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS dr. SOEBANDI TENTANG PENETAPAN BUKU AJAR DAN MODUL PRAKTIKUM PROGRAM STUDI KEBIDANAN PROGRAM SARJANA



UNIVERSITAS dr. SOEBANDI FAKULTAS ILMU KESEHATAN

Jl. Dr Soebandi No. 99 Jember, Telp/Fax. (0331) 483536,
E_mail : fikes@uds.ac.id Website: <http://www.uds.di.ac.id>

FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS dr. SOEBANDI SEMESTER
GENAP TAHUN AKADEMIK 2024/2025;

- KEDUA** : Penetapan Buku Ajar dan Modul Praktikum ini adalah sebagaimana tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari surat keputusan ini;
- KETIGA** : Hal-Hal yang belum diatur dalam keputusan ini akan diatur lebih lanjut;
- KEMPAT** : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan; dan apabila di kemudian hari terdapat kekeliruan, maka akan diadakan perbaikan sebagaimana mestinya.

DI TETAPKAN DI : JEMBER
PADA TANGGAL : 12 Februari 2025

Universitas dr. Soebandi
Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan,

Ai Nur Zahmah, S.ST, M. Keb
NIK. 19891219 201309 2 038

Tembusan Kepada Yth :

1. *Rektor Universitas dr. Soebandi*
2. *Kaprodi S1 Kebidanan*
3. *Arsip*

**VISI, MISI,
TUJUAN DAN
STRATEGI
PRODI
KEBIDANAN
PROGRAM
SARJANA**

1. VISI

Menjadi program studi yang unggul, berdaya guna dalam IPTEKS bercirikan Kebidanan Holistik dan berakhlakul karimah.

2. MISI

- a. Melaksanakan Pendidikan Profesi Bidan yang unggul bercirikan kebidanan holistik dan berbasis IPTEKS
- b. Melaksanakan penelitian bidang kesehatan ibu dan anak yang bercirikan kebidanan holistik dan berkontribusi pada IPTEKS
- c. Melaksanakan pengabdian masyarakat dalam bidang kesehatan ibu dan anak yang bercirikan kebidanan holistik berbasis IPTEKS yang bermanfaat bagi masyarakat
- d. Melaksanakan kerja sama dan tata kelola Program Studi Pendidikan Profesi Bidan yang berprinsip good governance
- e. Membudayakan nilai – nilai akhlakul karimah pada setiap kegiatan civitas akademika Program Studi Pendidikan Profesi Bidan

3. TUJUAN DAN STRATEGI

- a. Menghasilkan lulusan bidan yang kompeten, profesional dan berdaya saing dalam bidang kesehatan ibu dan anak yang bercirikan kebidanan holistic
- b. Menghasilkan produk penelitian yang inovatif dan berkontribusi pada IPTEKS bidang kesehatan ibu dan anak yang bercirikan kebidanan holistik
- c. Menghasilkan produk pengabdian masyarakat berbasis IPTEKS bidang kesehatan ibu dan anak yang bercirikan kebidanan holistik yang bermanfaat bagi masyarakat
- d. Mewujudkan kerja sama dan pengelolaan program studi Pendidikan profesi bidan yang terencana, terorganisasi, produktif dan berkelanjutan
- e. Menghasilkan civitas akademika program studi Pendidikan profesi bidan yang memiliki perilaku sesuai nilai-nilai akhlakul karimah

**KATA
PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan Kehadirat *Allah SWT* atas segala Rahmat dan Hidayah-Nya yang telah dilimpahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan BUKU AJAR yang InsyaAllah dengan baik. Shalawat dan Salam atas Nabi kita Muhammad SAW, keluarganya, dan para sahabatnya yang terpilih.

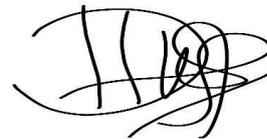
Buku ajar ini digunakan sebagai panduan untuk kegiatan belajar dalam mengembangkan kompetensi mahasiswa bidan, agar mahasiswa dapat memahami teori yang didapat dalam pembelajaran di kelas ke dalam, yang hasil akhirnya diharapkan dapat mengaplikasikan ke dalam praktik klinik. Dengan begitu, mahasiswa akan terbiasa menyelesaikan masalah secara menyeluruh sesuai kebutuhan masyarakat.

Penyelesaian buku ajar ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan semua pihak, baik dukungan moril maupun materiil. Semoga *Allah SWT* memberikan balasan pahala atas segala amal yang telah diberikan dan semoga panduan ini berguna bagi diri penulis sendiri maupun pihak lain yang memanfaatkannya.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyelesaian buku ajar ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan oleh penyusun.

Jember, 12 Februari 2025

Penyusun



Dinar Perbawati, S.ST.,M.Kes
NIDN. 0709059105

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TIM PENYUSUN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT KEPUTUSAN INSTANSI	iv
VISI DAN MISI	ivv
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
BAB I ANATOMI FISILOGI REPRODUKSI	1
RANGKUMAN	10
TES FORMATIF	11
BAB II GAMETOGENESIS	13
RANGKUMAN	28
TES FORMATIF	29
BAB III NEUROENDOKRIN	31
RANGKUMAN	47
TES FORMATIF	48
BAB IV FERTILISASI DAN NIDASI	50
RANGKUMAN	63
TES FORMATIF	64
BAB V ADAPTASI MATERNAL PADA KEHAMILAN	66
RANGKUMAN	79
TES FORMATIF	80
BAB VI FISILOGI PLASENTA	82
RANGKUMAN	89
TES FORMATIF	89
BAB VII PERKEMBANGAN FETUS	91
RANGKUMAN	98
TES FORMATIF	99
BAB VIII GENETIKA MANUSIA, PENURUNAN SIFAT DAN KELAINAN GENETIK	101
RANGKUMAN	123

TES FORMATIF	123
BAB IX KONSEP IMUNOLOGI MANUSIA	125
RANGKUMAN	126
TES FORMATIF	126
BAB X IMUNITAS NON-SPEKIFIK DAN SPEKIFIK DALAM	
TUBUH MANUSIA	128
RANGKUMAN	133
TES FORMATIF	134
BAB XI INTERAKSI ANTIGEN, ANTIBODY DAN INFLAMASI	135
RANGKUMAN	139
TES FORMATIF	139
BAB XII IMUNOPROFILAKSIS DAN IMUNITAS	141
RANGKUMAN	143
TES FORMATIF.....	144
BAB XIII IMUNO REPRODUKSI	145
RANGKUMAN	148
TES FORMATIF	149
DAFTAR PUSTAKA	150

BAB I

ANATOMI FISILOGI REPRODUKSI

Tujuan pembelajaran :

Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

a. Menjelaskan anatomi fisiologi reproduksi

1. Pengantar biologi reproduksi, anatomi dan reproduksi Laki-laki dan Wanita

Biologi (ilmu hayat) adalah ilmu yang mengenai kehidupan. Istilah ini diambil dari bahasa Belanda “Biologie”, yang juga diturunkan dari gabungan kata bahasa Yunani, bios (hidup) dan logos (lambang, ilmu). Dahulu sampai tahun 1970-an digunakan istilah ilmu hayat (diambil dari bahasa Arab), artinya “ilmu kehidupan”.

Objek kajian biologi sangat luas dan mencakup semua makhluk hidup. Karenanya dikenal berbagai cabang biologi yang menghususkan diri pada setiap kelompok organisme, seperti botani, zoology, dan mikrobiologi. Berbagai aspek kehidupan digali. Cir-ciri fisik dipelajari dalam anatomi sedang fungsinya dalam fisiologi; perilaku dipelajari dalam etologi, interaksi antarsesama makhluk dengan alam sekitar mereka dipelajari dalam ekologi.

Salah satu yang dipelajari dalam anatomi fisiologi manusia adalah sistem reproduksi. Dimana reproduksi adalah salah satu cara yang dilakukan oleh manusia untuk mempunyai keturunan. Alat reproduksi pada manusia secara garis besar dibagi atas dua yaitu alat reproduksi pria dan alat reproduksi wanita.

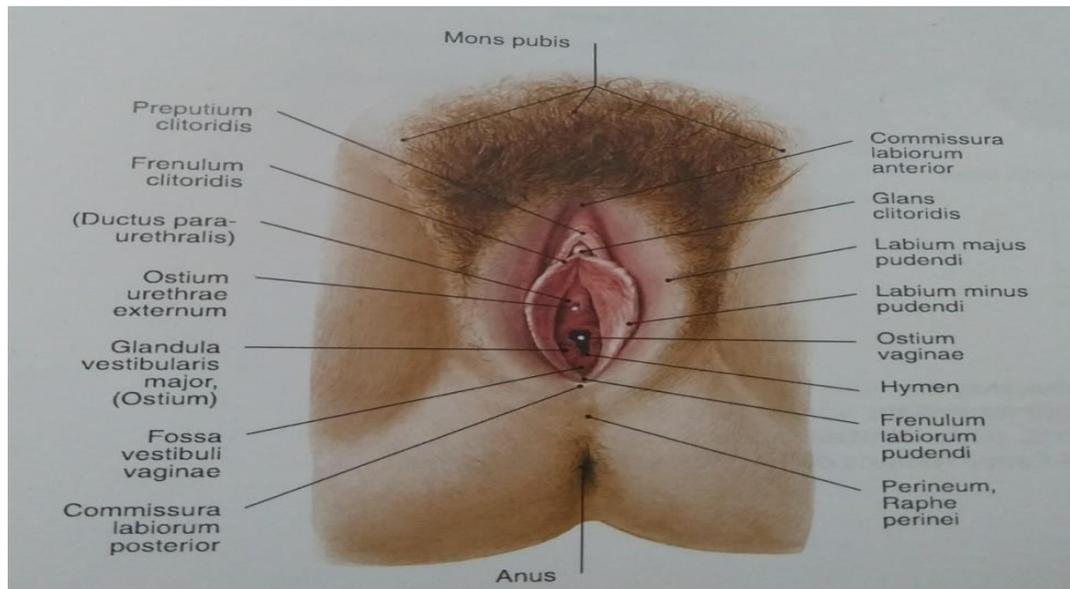
Alat reproduksi pria terdiri dari penis, skrotum, testis, saluran kelamin, kelenjar kelamin. Sedangkan alat reproduksi wanita adalah bagian-bagian tubuh yang berfungsi dalam proses melanjutkan keturunan. Bila tidak berfungsi maka dengan sendirinya akan menghambat (menggangu fungsi reproduksi wanita)

2. Fisiologi reproduksi wanita

A. Anatomi reproduksi wanita

Organ reproduksi perempuan terbagi atas organ genitalia eksterna dan organ genitalia interna. Organ genitalia eksterna adalah bagian untuk sanggama, sedangkan organ

genitalia interna adalah bagian untuk ovulasi, tempat pembuahan sel telur, transportasi blastokis, implantasi, dan tumbuh kembang janin.



Gambar 1.1 Anatomi Genitalia Eksterna Wanita

1) Vulva atau pudenda

Vulva meliputi seluruh struktur eksternal yang dapat dilihat mulai dari pubis sampai perineum, yaitu mons veneris, labia mayora dan labia minora, klitoris, selaput darah (hymen), vestibulum, muara uretra, berbagai kelenjar dan struktur vascular.

2) Mons veneris (mons pubis)

Mons veneris (mons pubis) adalah bagian yang menonjol di atas simfisis dan pada perempuan setelah pubertas ditutup oleh rambut kemaluan. Pada perempuan umumnya batas atas rambut melintang sampai pinggir atas simfisis, sedangkan ke bawah sampai sekitar anus dan paha.

3) Labia mayora

Labia mayora (bibir-bibir besar) terdiri atas bagian kanan dan kiri, lonjong mengecil kebawah, terisi oleh jaringan lemak yang serupa dengan yang ada di mons veneris. Ke bawah dan ke belakang kedua labia mayora bertemu dan membentuk kommisura posterior. Labia mayora analog dengan skrotum pada pria.

4) Labia minora (nymphae)

Labia minora (nymphae) adalah suatu lipatan tipis dari kulit sebelah dalam bibir besar. Ke depan kedua bibir kecil bertemu yang di atas klitoris membentuk preputium klitoridis dan yang di bawah klitoris membentuk frenulum klitoridis. Ke belakang kedua bibir kecil juga bersatu dan membentuk fossa navikulare. Kulit yang meliputi labia minora mengandung banyak glandula sebacea dan juga ujung-ujung saraf yang menyebabkan bibir kecil sangat sensitif.

5) Klitoris

Klitoris kira-kira sebesar biji kacang ijo, tertutup oleh preputium klitoridis dan terdiri atas glans klitoridis, korpus klitoridis dan dua krura yang menggantungkan klitoris ke os pubis. Glans klitoridis terdiri atas jaringan yang dapat mengembang, penuh dengan ujung saraf, sehingga sangat sensitif.

6) Vestibulum

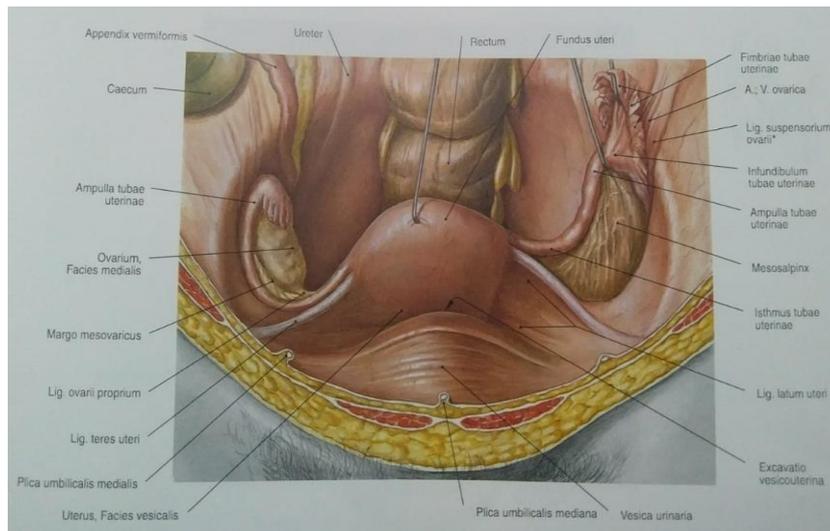
Vestibulum berbentuk lonjong dengan ukuran panjang dari depan ke belakang dan dibatas di depan oleh klitoris, kanan dan kiri oleh kedua bibir kecil dan di belakang oleh perineum (fourchette).

7) Introitus Vagina

Introitus vagina mempunyai bentuk dan ukuran yang berbeda-beda. Introitus vagina ditutupi oleh selaput dara.

8) Perineum

Perineum terletak antara vulva dan anus, panjangnya rata-rata 4 cm. Jaringan yang mendukung perineum terutama ialah diafragma pelvis dan diafragma urogenitalis. Diafragma pelvis terdiri atas otot levator ani dan otot koksigid posterior serta fascia yang menutupi kedua otot ini. Diafragma urogenitalis terletak eksternal dari diafragma pelvis, yaitu di daerah segitiga antara tuber isiadika dan simfisis pubis. Diafragma urogenitalis meliputi muskulus transverses perinea profunda, otot konstriktor uretra dan fascia internal maupun eksternal yang menutupinya.



Gambar 2.2. organ genetalia interna wanita

1) Vagina (Liang Sanggama)

Vagina merupakan penghubung antara introitus vagina dan uterus. Dinding depan dan belakang vagina berdekatan satu sama lain, masing-masing panjangnya berkisar antara 6-8 cm dan 7-10 cm. Bentuk vagina sebelah dalam yang berlipat-lipat dinamakan rugae. Di tengah-tengahnya ada bagian yang lebih keras disebut columna rugarum. Lipatan ini memungkinkan vagina dalam persalinan melebar sesuai dengan fungsinya sebagai bagian lunak jalan-lahir. Di vagina tidak didapatkan kelenjar bersekresi. Vagina dapat darah dari (1) arteri uterine, yang melalui cabangnya ke serviks dan vagina memberikan darah ke vagina bagian tengah 1/3 atas; (2) arteria vesikalis inferior, yang melalui cabangnya memberikan darah ke vagina bagian 1/3 tengah; (3) arteria hemoroidalis mediana dan arteria pedundus interna yang memberikan darah ke bagian 1/3 bawah

2) Uterus

Berbentuk advokat atau buah pir yang sedikit gepeng ke arah depan belakang. Ukurannya sebesar telur ayam dan mempunyai rongga. Dindingnya terdiri dari otot-otot polos. Ukuran panjang uterus adalah 7-7,5 cm, lebar diatas 5,25 cm, tebal 2,5 cm dan tebal dinding 1,25 cm. Letak uterus dalam keadaan fisiologis adalah anteversiofleksio (serviks ke depan dan membentuk sudut dengan vagina, sedangkan korpis uteri ke depan dan membentuk sudut dengan serviks uteri). Uterus terdiri atas (1) fundus uteri; (2) korpis uteri dan (3) serviks uteri.

3) Tuba Fallopi

Tuba Fallopi terdiri atas (1) pars interstisialis, yaitu bagian yang terdapat di dinding uterus (2) pars isthmica, merupakan bagian medial tuba yang sempit seluruhnya; (3) pars ampullaris, yaitu bagian yang berbentuk sebagai saluran agak lebar, tempat konsepsi terjadi; dan (4) infundibulum, yaitu bagian ujung tuba yang terbuka ke arah abdomen dan mempunyai fimbria

4) Ovarium (indung telur)

Perempuan pada umumnya mempunyai 2 indung telur kanan dan kiri. Mesovarium menggantung ovarium di bagian belakang ligamentum latum kiri dan kanan. Ovarium berukuran kurang lebih sebesar ibu jari tangan dengan ukuran panjang kira-kira 4 cm, lebar dan tebal kira-kira 1,5 cm (Prawirohardjo, 2010).

B. Fungsi reproduksi wanita

Organ reproduksi luar terdiri dari :

1) Vagina

merupakan saluran yang menghubungkan organ uterus dengan tubuh bagian luar. Berfungsi sebagai organ kopulasi dan saluran persalinan keluarannya bayi. Sehingga sering disebut dengan liang peranakan. Di dalam vagina ditemukan selaput dara.

2) Vulva

merupakan suatu celah yang terdapat dibagian luar dan terbagi menjadi 2 bagian yaitu : Labium mayor merupakan sepasang bibir besar yang terletak dibagian luar dan membatasi vulva.

3) Labium minor

merupakan sepasang bibir kecil yang terletak di bagian dalam dan membatasi vulva

4) Mons veneris,

pertemuan antara kedua bibir vagina dengan bagian atas yang tampak membukit

- 5) Payudara
disebut juga kelenjar mammae. Payudara akan menghasilkan ASI untuk nutrisi bayi.

Organ reproduksi dalam terdiri dari :

- 1) Vagina
merupakan saluran yang menghubungkan organ uterus dengan tubuh bagian luar. Berfungsi sebagai organ kopulasi dan saluran persalinan, keluarnya bayi. Sehingga sering disebut dengan liang peranakan. Di dalam vagina ditemukan selaput dara.
- 2) Ovarium
merupakan organ utama pada wanita. Berjumlah sepasang dan terletak di dalam tongga perut pada daerah pinggang sebelah kiri dan kanan. Berfungsi untuk menghasilkan sel ovum dan hormon wanita seperti : Estrogen yang berfungsi untuk mempertahankan sifat sekunder pada wanita, serta juga membantu dalam prosers pematangan sel ovum. Progesterone yang berfungsi dalam memelihara masa kehamilan Ovarium di selubungi oleh kapsul pelindung dan mengandung beberapa folikel. Tiap folikel mengandung satu sel telur. Folikel adalah struktur seperti bulatan-bulatan yang mengelilingi oosit dan berfungsi menyediakan makanan dan melindungi perkembangan sel telur.
- 3) Fimbriae
merupakan serabut/silia lembut yang terdapat di bagian pangkal ovarium berdekatan dengan ujung saluran oviduct. Berfungsi untuk menangkap sel ovum yang telah matang yang dikeluarkan oleh ovarium.
- 4) Infundibulum
merupakan bagian ujung oviduct yang berbentuk corong/membesar dan berdekatan dengan fimbriae. Berfungsi menampung sel ovum yang telah ditangkap oleh fimbriae.
- 5) Tuba fallopi

merupakan saluran memanjang setelah infundibulum yang bertugas sebagai tempat fertilisasi dan jalan bagi sel ovum menuju uterus dengan abantuan silia pada dindingnya.

6) Oviduct

merupakan saluran panjang kelanjutan dari tuba fallopi. Berfungsi sebagai tempat fertilisasi dan jalan bagi sel ovum menuju uterus dengan bantuan silia pada dindingnya. Oviduct berjumlah sepasang dan menghubungkan ovarium dengan rahim.

7) Rahim / Uterus

merupakan organ yang berongga dan berotot. Berbentuk seperti buah pir dengan bagian bawah yang mengecil. Berfungsi sebagai tempat pertumbuhan embrio. Tipe uterus pada manusia adalah simpleks yaitu dengan satu ruangan yang hanya untuk satu janin. Uterus mempunyai 3 macam lapisan dinding yaitu :

- Perimetrium
yaitu lapisan yang terluar yang berfungsi sebagai pelindung uterus.
- Miometrium yaitu lapisan yang kaya akan sel otot dan berfungsi untuk kontraksi dan relaksasi uterus dengan melebar dan kembali ke bentuk semula setiap bulannya.
- Endometrium
merupakan lapisan terdalam yang kaya akan sel darah merah. Bila tidak terjadi pembuahan maka dinding endometrium inilah yang akan meluruh bersamaan dengan sel ovum matang.

8) Cervix

merupakan bagian dasar dari uterus yang bentuknya menyempit sehingga disebut juga sebagai leher rahim. Menghubungkan uterus dengan saluran vagina dan sebagai jalan keluarnya janin dari uterus menuju saluran vagina.

9) Saluran vagina

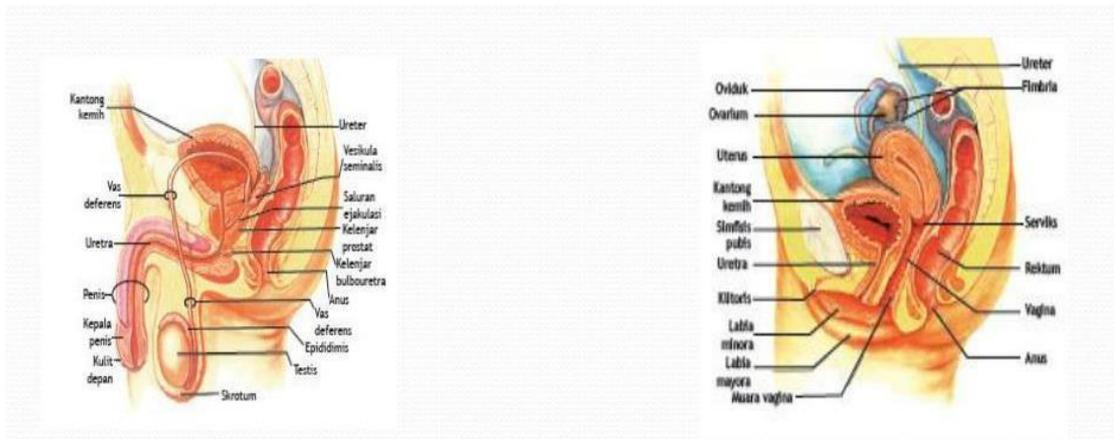
merupakan saluran lanjutan dari cervix dan sampai pada vagina. Berbentuk tabung berlapis otot. Dinding vagina lebih tipis daripada rahim dan banyak memiliki lipatan. Hal ini untuk mempermudah jalan kelahiran bayi. Vagina juga memiliki lendir yang dihasilkan oleh dinding vagina dan kelenjar Bartholin.

10) Klitoris

merupakan tonjolan kecil yang terletak di depan vulva. Sering disebut dengan klenit. Organ utamanya ialah

- 1) Indung telur (ovarium)
- 2) Oviduk (tuba fallopi)
- 3) Uterus
- 4) Vagina

2. Fisiologi reproduksi Pria



Organ Reproduksi Luar

a) Penis

terdiri dari jaringan-jaringan otot, jaringan spons yang lembut, pembuluh darah dan jaringan saraf. Fungsinya yaitu untuk kopulasi (hubungan antara alat kelamin jantan dan betina untuk memudahkan semen ke dalam organ reproduksi betina). Penis diselubungi oleh selaput tipis yang nantinya akan dioperasi pada saat dikhitan/sunat.

b) Buah zakar yang terdiri dari kantung zakar yang di dalamnya terdapat sepasang testis dan bagian-bagian lainnya. Kulit luarnya disebut skrotum. Skrotum berfungsi melindungi testis serta mengatur suhu yang sesuai untuk spermatozoa (sel sperma).

c) Skrotum (kantung pelir)

merupakan kantung yang didalamnya berisi testis. Skrotum berjumlah sepasang, yaitu skrotum kanan dan skrotum kiri. Di antara skrotum kanan dan skrotum kiri dibatasi oleh sekat yang berupa jaringan ikat dan otot polos (otot dartos). Otot dartos berfungsi untuk menggerakkan skrotum sehingga dapat mengerut dan mengendur. Di dalam skrotum juga terdapat serat-serat otot yang berasal dari penerusan otot lurik dinding perut yang disebut otot kremaster. Otot ini bertindak sebagai pengatur suhu lingkungan testis agar kondisinya stabil. Proses pembentukan sperma (spermatogenesis) membutuhkan suhu yang stabil, yaitu beberapa derajat lebih rendah daripada suhu tubuh.

Organ Reproduksi Dalam

a) Testis

Testis sebenarnya adalah kelenjar kelamin, berjumlah sepasang dan akan menghasilkan sel-sel sperma serta hormon testosteron. Skrotum dapat menjaga suhu testis. Jika suhu terlalu panas, skrotum mengembang, jika suhu dingin skrotum mengerut sehingga testis lebih hangat. Testis (gonad jantan) berbentuk oval dan terletak didalam kantung pelir (skrotum). Testis berjumlah sepasang (testes = jamak). Testis terdapat di bagian tubuh sebelah kiri dan kanan. Testis kiri dan kanan dibatasi oleh suatu sekat yang terdiri dari serat jaringan ikat dan otot polos. Fungsi testis secara umum merupakan alat untuk memproduksi sperma dan hormon kelamin jantan yang disebut testosteron.

b) Tubulus Seminiferus

Didalam testis terdapat saluran-saluran halus yang disebut saluran penghasil sperma (tubulus seminiferus). Dinding dalam saluran terdiri dari jaringan epitel dan jaringan ikat. Jaringan epithelium terdapat :

c) Saluran Reproduksi (Saluran Pengeluaran)

Saluran reproduksi maksudnya tempat sperma keluar atau jalan berupa lubang kecil yang menghubungkan organ dalam. Saluran pengeluaran pada organ reproduksi dalam pria terdiri dari epididimis, vas deferens, saluran ejakulasi dan uretra.

Penjelasan :

- Epididimis

berupa saluran panjang yang berkelok yang keluar dari testis. Epididimis berjumlah sepasang di sebelah kanan dan kiri. Epididimis berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara sperma sampai sperma menjadi matang dan bergerak menuju vas deferens.

- Vas deferens

berupa saluran panjang dan lurus mengangkut sperma ke vesika seminalis. Vas deferens atau saluran sperma (duktus deferens) merupakan saluran lurus yang mengarah ke atas dan merupakan lanjutan dari epididimis. Vas deferens tidak menempel pada testis dan ujung salurannya terdapat di dalam kelenjar prostat. Vas deferens berfungsi sebagai saluran tempat jalannya sperma dari epididimis menuju kantung semen atau kantung mani (vesikula seminalis).

- Saluran ejakulasi

merupakan saluran yang pendek dan menghubungkan vesikula seminalis dengan urethra. Saluran ini berfungsi untuk mengeluarkan sperma agar masuk ke dalam uretra

- Uretra

merupakan saluran panjang terusan dari saluran ejakulasi dan terdapat di penis.

RANGKUMAN

Bab ini membahas sistem reproduksi manusia, baik pada pria maupun wanita. Sistem reproduksi pria terdiri dari penis, skrotum, testis, saluran kelamin, dan kelenjar kelamin, sedangkan sistem reproduksi wanita melibatkan organ genitalia eksterna dan interna, termasuk vagina, uterus, ovarium, dan tuba fallopi. Selain itu, dijelaskan juga fungsi organ reproduksi masing-masing, seperti peran ovarium dalam produksi hormon estrogen dan progesteron serta peran testis dalam pembentukan sperma dan hormon testosteron.

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Organ reproduksi wanita yang berfungsi sebagai tempat implantasi dan tumbuh kembang janin adalah ...
 - a. Ovarium
 - b. Uterus
 - c. Vagina
 - d. Tuba fallopi
 - e. Endometrium
 2. Labia mayora pada wanita memiliki kesamaan struktur dengan organ pada pria, yaitu ...
 - a. Testis
 - b. Skrotum
 - c. Penis
 - d. Uretra
 - e. Ves Diferens
 3. Klitoris pada sistem reproduksi wanita berfungsi sebagai ...
 - a. Tempat produksi hormon estrogen
 - b. Organ yang sangat sensitif terhadap rangsangan seksual
 - c. Jalur keluarnya bayi saat persalinan
 - d. Tempat implantasi embrio
 - e. Tempat bertemunya sel telur dan sperma
 4. Salah satu fungsi utama tuba fallopi adalah ...
 - a. Tempat produksi sel telur
 - b. Menyediakan nutrisi bagi janin
 - c. Tempat terjadinya fertilisasi
 - d. Menghasilkan hormon progesterone
-

- e. Menghasilkan hormon Esterogen
5. Struktur pada sistem reproduksi wanita yang berperan dalam produksi ASI adalah..
- a. Vulva
 - b. Ovarium
 - c. Payudara
 - d. Uterus
 - e. Tuba Fallopi

BAB II GAMETOGENESIS

Tujuan pembelajaran :

Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

- a. Menjelaskan gametogenesis pada pria dan wanita

1. Pengertian

Gametogenesis adalah proses [diploid](#) dan [haploid](#) yang mengalami [pembelahan sel](#) dan diferensiasi untuk membentuk gamet haploid dewasa. Tergantung dari [siklus hidup biologis](#) organisme, gametogenesis dapat terjadi pada pembelahan [meiosis gametosit](#) diploid menjadi berbagai gamet atau pada pembelahan [mitosis](#) sel gametogen haploid.

Gametogenesis meliputi spermatogenesis dan oogenesis. spermatogenesis merupakan pembentukan sel kelamin jantan (inti sel sperma), oogenesis merupakan pembentukan sel kelamin betina (inti sel telur/ovum). Gametogenesis melibatkan proses pembelahan sel mitosis dan meiosis.

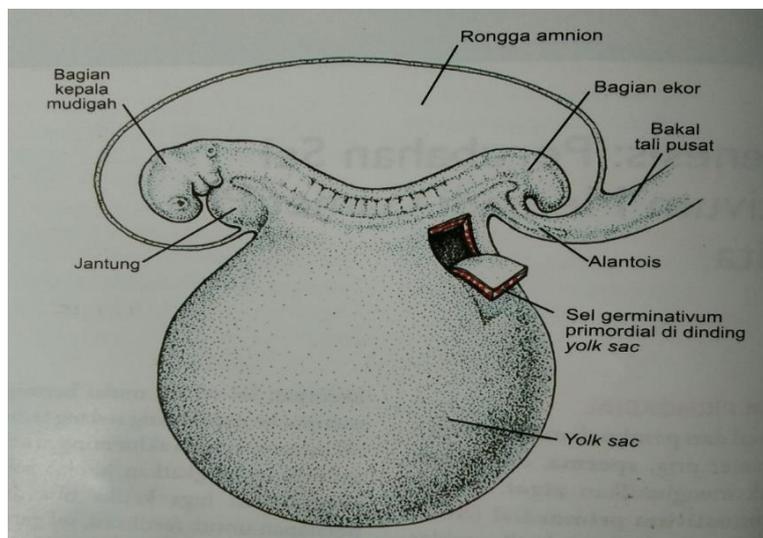
2. Gametogenesis pada wanita

- a. Sel Germinativum Primordial

Perkembangan berawal dari pembuahan (fertilisasi), proses penyatuan gamet pria, sperma, dan gamet wanita, oosit, untuk menghasilkan zigot. Gamet berasal dari sel germinativum primordial (SGP; primordial germ cells) yang terbentuk di epiblas selama minggu kedua dan yang bergerak menuju dinding yolk sac. Selama minggu keempat, sel-sel ini mulai bermigrasi dari yolk sac menuju ke gonad yang sedang terbentuk, tempat sel-sel ini pada akhir minggu kelima. Pembelahan mitotik meningkatkan jumlah swl ini sewaktu bermigrasi dan juga ketika tiba di gonad. Sebagai persiapan untuk fertilisasi, sel germinativum mengalami gametogenesis yang mencakup meiosis, untuk mengurangi jumlah kromosom, dan sitodiferensiasi, untuk menuntaskan pematangannya.

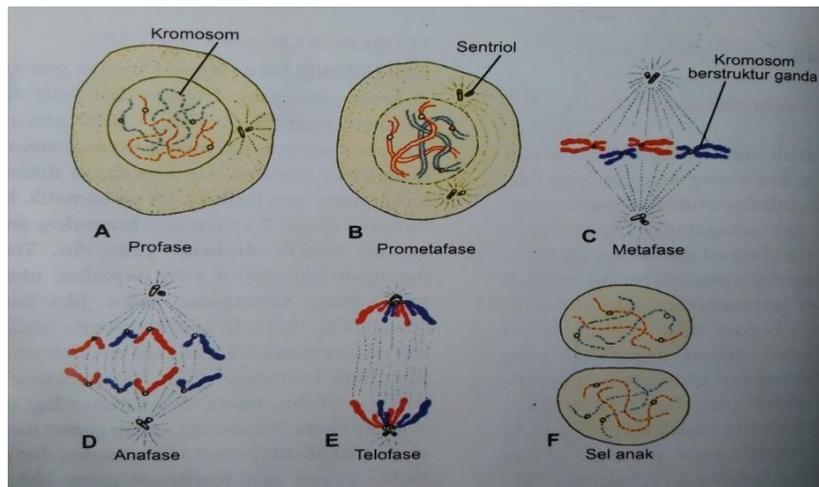
- b. Teori Pewarisan Kromosom

Sifat individu ditentukan oleh gen-gen spesifik di kromosom yang diwarisi dari ayah dan ibunya. Manusia memiliki sekitar tiga puluh ribu gen di 46 kromosom. Gen-gen di kromosom yang sangat cenderung diwarisi bersama dan karenanya dikenal sebagai *linked genes* atau (gen terkait). Di sel somatik, kromosom tampak sebagai 23 pasangan homolog untuk membentuk jumlah diploid, yaitu 46. Terdapat 22 pasangan kromosom yang sepadan, autosom, dan satu pasang kromosom seks. Jika pasangannya adalah XX, individu secara genetik adalah wanita; jika pasangannya XY, individu tersebut secara genetik pria. Satu kromosom dari setiap pasangan berasal dari gamet ibu, oosit, dan satunya lagi dari gamet ayah, sperma. Karena itu, setiap gamet mengandung jumlah haploid, yaitu 23 kromosom, dan penyatuan kedua gamet saat fertilisasi memulihkan jumlah diploid (46).



Gambar 2.1

Mudigah pada akhir minggu ketiga, yang memperlihatkan sel germinativum primordial di dinding yolk sac, dekat dengan perlekatan bakal tali pusat. Dari lokasi ini, sel-sel tersebut bermigrasi ke gonad yang sedang terbentuk



Gambar 2.2 berbagai tahap mitosis.

Pada profase, kromosom tampak sebagai benang-benang halus. Kromatid ganda mulai tampak jelas sebagai unit individual selama metafase. Selama pembelahan, anggota satuan pasangan kromosom tidak pernah menyatu. Biru, kromosom ayah; merah, kromosom ibu.

c. MITOSIS

Mitosis adalah proses pembelahan satu sel untuk menghasilkan 2 sel anak yang secara genetik identik dengan sel induk. Setiap sel anak menerima komplemen lengkap 46 kromosom sebelum suatu sel mengalami mitosis, setiap kromosom mereplikasi asam deoksiribonukleatnya (DNA). Selama fase replikasi ini, kromosom menjadi sangat panjang, tersebar difus keseluruh nukleus, dan tidak dapat dikenali dengan mikroskop cahaya. Saat mitosis dimulai, kromosom mulai membantu kumparan, berkontraksi, dan memadat; proses ini menandai dimulainya profase. Setiap kromosom sekarang terdiri dari 2 subunit paralel, kromatid, yang disatukan oleh suatu daerah sempit (sentromer) yang terdapat di keduanya. Sepanjang profase, kromosom terus memadat, memendek, dan menebal, tetapi hanya saat prometafase kromatid dapat di bedakan. Selama metafase, kromosom berjajar dalam satu bidang ekuator, dan struktur gandanya tampak jelas. Masing-masing kromosom diikat oleh mikrotubulus yang berjalan dari sentromer ke sentriol, membentuk gelendong mitotik (mitotic spindle). Tidak lama kemudian sentromer masing-masing kromosom membelah, menandai awal anafase, diikuti oleh migrasi kromatid ke kutub gelendong yang

berlawanan. Akhirnya, selama telofase, kumparan kromosom mengurai dan memanjang, selubung nukleus kembali terbentuk, dan sitoplasma membelah. Masing-masing sel anak menerima dari bahan kromosom ganda sehingga mempertahankan jumlah kromosom yang sama seperti sel induk.

d. MIOSIS

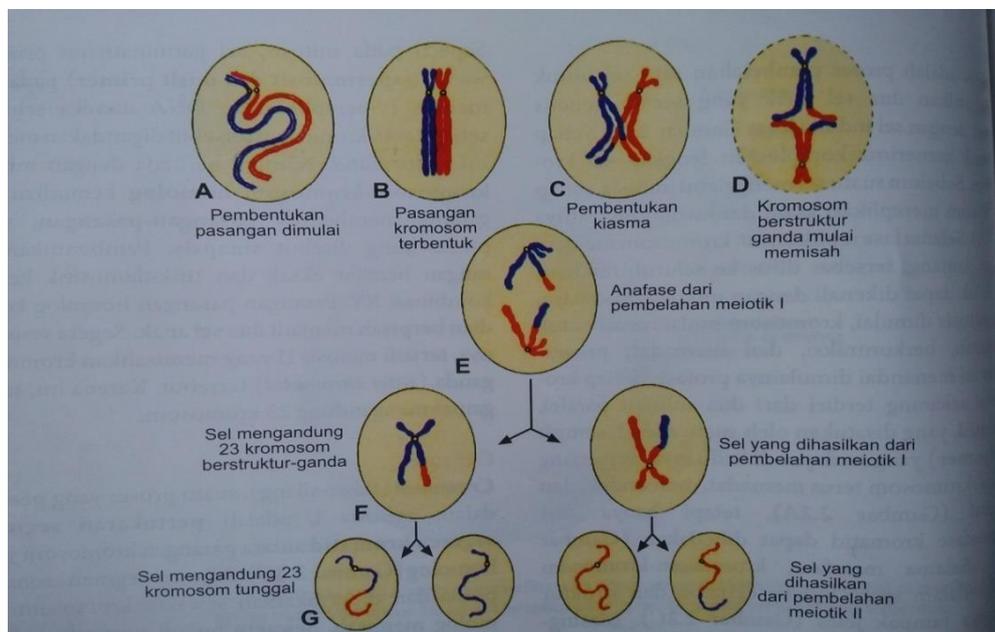
Miosis adalah pembelahan sel yang terjadi pada sel germinativum untuk menghasilkan gamet pria dan wanita, yaitu masing-masing sperma dan sel telur. Meiosis memerlukan 2 pembelahan sel, meiosis 1 dan meiosis 2, untuk mengurangi jumlah kromosom menjadi jumlah haploid 23. Seperti pada mitosis sel germinativum pria dan wanita (spermatosit dan oositogenesis primer) pada awal meiosis satu mereplikasikan DNA mereka sehingga setiap ke 46 kromosom tersebut digandakan menjadi *sister chromatid*. Namun, berbeda dengan mitosis, kromosom-kromosom homolog kemudian bergabung membentuk pasangan-pasangan, suatu proses yang disebut sinapsis. Pembentukan pasangan bersifat eksak dan titik demi titik kecuali kombinasi XY. Pasangan-pasangan homolog kemudian berpisah menjadi 2 sel anak. Segera sesudahnya, terjadi meiosis 2 yang memisahkan kromosom ganda (*sister chromatid*) tersebut. Karena itu, setiap gamet mengandung 23 kromosom.

e. CROSSOVER

Crossover atau (tulang silang), suatu proses yang penting dalam meiosis 1, adalah pertukaran segmen-segmen kromatid antara pasangan kromosom yang homolog. Segmen kromatin putus dan dipertukarkan sewaktu kromosom homolog memisah. Sewaktu terjadi pemisahan, titik-titik pertukaran menyatu untuk sementara dan membentuk struktur seperti huruf X (kiasma). Umumnya terjadi sekitar 30-40 crossover (satu atau dua perkromosom) adalah gen-gen yang terpisah jauh di satu kromosom pada setiap pembelahan MEIOTIK I. Akibat pembelahan meiotik, (a) variabilitas genetik ditingkatkan melalui tukar silang yang menyebabkan redistribusi bahan genetik, dan melalui distribusi acak kromosom homolog ke sel anak; dan (b) setiap sel germinativum mengandung jumlah kromosom yang haploid sehingga saat pembuahan jumlah diploid 46 terpulihkan.

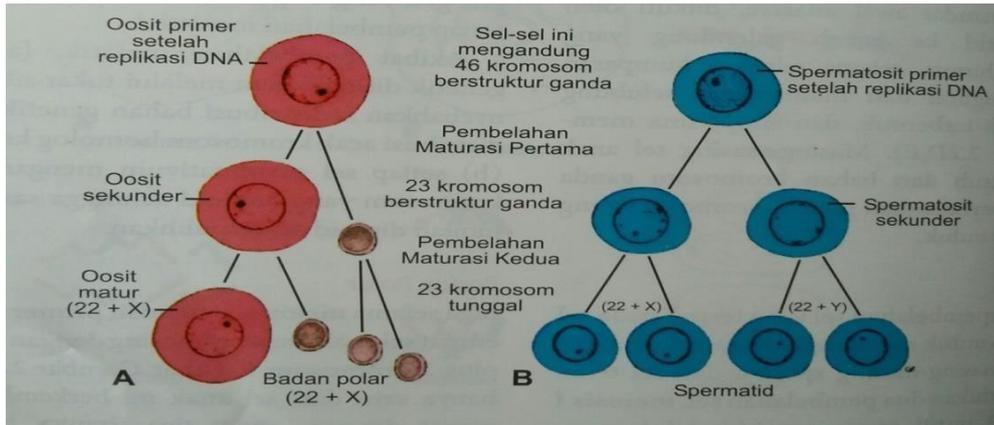
f. BADAN POLAR

Juga selama meiosis, satu oosit primer menghasilkan 4 sel anak, masing-masing dengan 22 kromosom plus satu kromosom X. Namun, hanya satu dari sel anak ini berkembang menjadi gamet dewasa, oosit; 3 sisanya, badan polar, hanya mendapat sedikit sitoplasma degenerasi pada perkembangan selanjutnya. Demikian juga, satu spermatosit primer menghasilkan 4 sel anak, dua dengan 22 kromosom plus 1 kromosom X dan dua dengan 22 kromosom plus 1 kromosom Y. Namun, berbeda dengan pembentukan oosit keempat sel tersebut beekembang menjadi gamet matang.



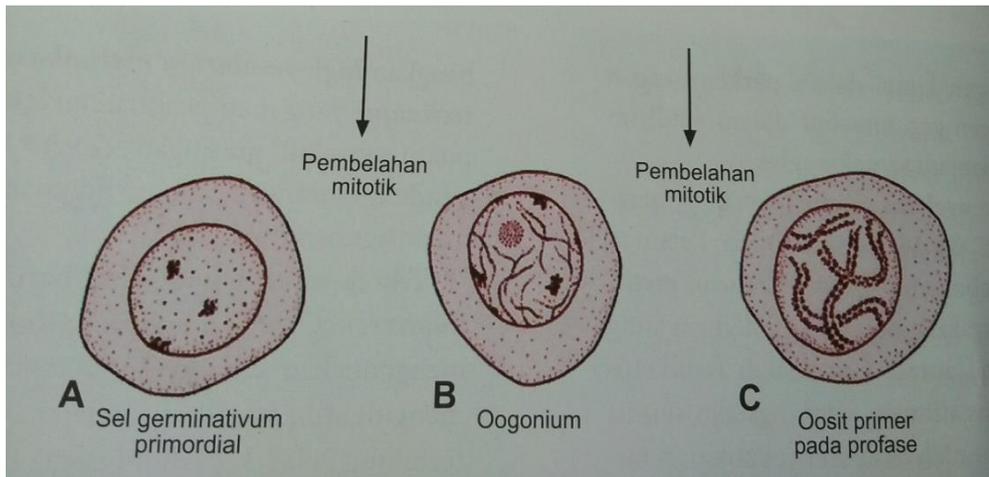
Gambar 2.3 pembelahan meiotik pertama dan kedua.

A. Kromosom homolog saling mendekati. B. Kromosom homolog berpasangan, dan setiap anggota dari suatu pasangan terdiri dari 2 kromatid. C. Kromosom homolog yang berpasangan secara erat saling bertukar fragmen kromatid (crossover,tukar-silang). Perhatikan kiasma. D. Kromosom berstruktur ganda mulai terpisah. E. Anafase dari pembelahan meiotik pertama. F,G. Selama pembelahan meiotik kedua, kromosom berstruktur ganda terpisah di sentromer. Pada akhir pembelahan, kromosom di masing-masing dari empat sel anak tersebut berbeda satu sama lain.



Gambar 2.4 proses-proses yang terjadi selama pembelahan maturasi pertama dan kedua.

A . sel germinativum primer pada wanita (oosit primer) menghasilkan hanya satu gamet matang, oosit matur. B. Sel germinativum primitif pada pria (spermatosit primer) menghasilkan empat spermatid yang semuanya berkembang menjadi spermatozoa.

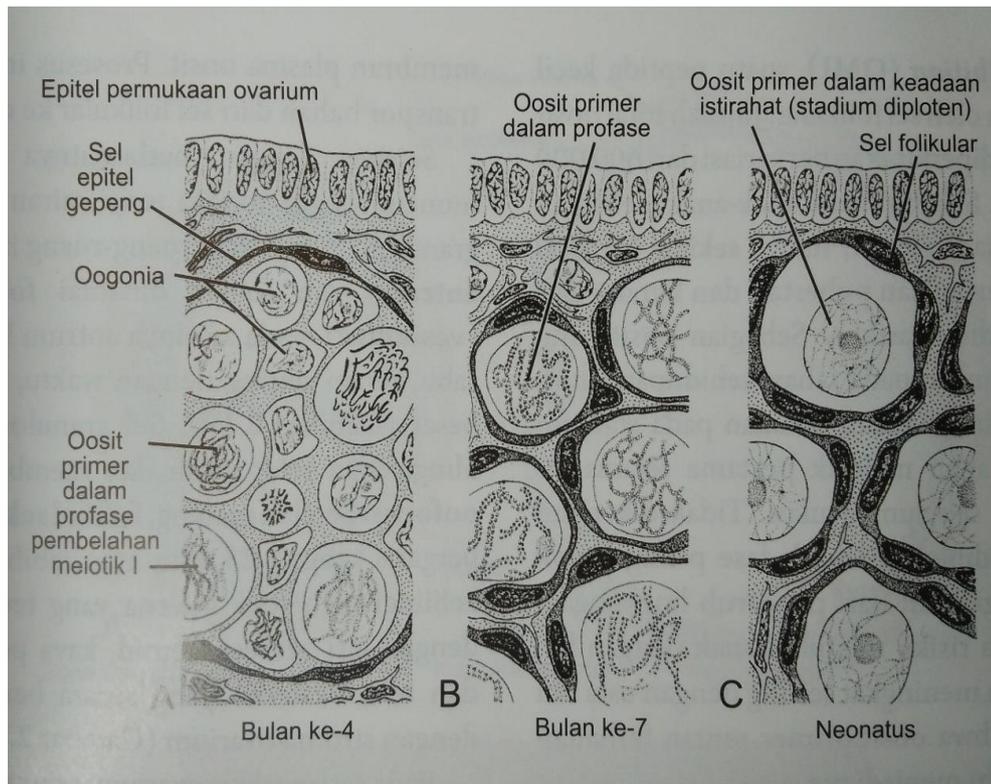


Gambar 2.5 diferensiasi sel germinativum primordial menjadi oogenia berawal segera setelah sampainya sel-sel tersebut di ovarium. Pada bulan ketiga perkembangan, sebagian oogenia menghasilkan oosit primer yang masuk ke tahap profase pembelahan mitotik pertama. Profase ini dapat berlangsung hingga 40 tahun atau lebih dan hanya selesai ketika sel memulai pematangan akhirnya. Selama periode ini oosit primer ini membawa 46 kromosom berstruktur ganda.

g. Oogenesis

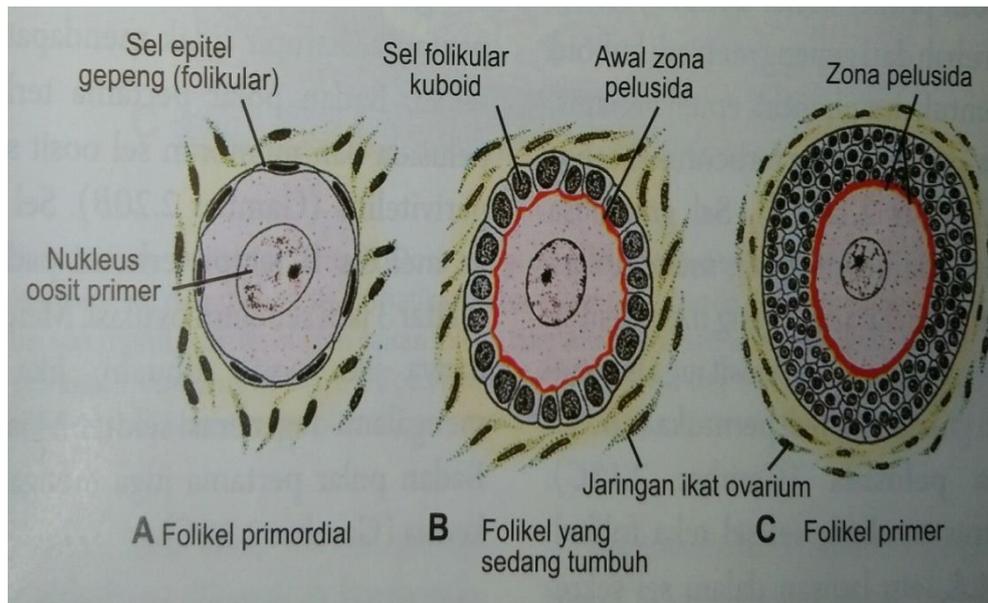
Pematangan oosit dimulai sebelum lahir . Pada wanita genetik, setelah tiba digonad sel germinativum primordial berdiferensiasi menjadi oogenia. Sel sel ini mengalami sejumlah pembelahan mitotik, dan pada akhir bulan ketiga sel-sel inibtersusun dalam kelompok-kelompok yang dikelilingi oleh lapisan sel epitel gepeng. Sementara semua oogenia dalam satu kelompok mungkin berasal dari satu sel, sel epitel gepeng yang dikenal sebagai sel folikular, berasal dari epitel permukaan yang menutupi ovarium. Sebagian besar oogenia terus membelah dengan mitosis, tetapi sebagian di antaranya terhenti pembelahannya pada tahap profase meiosis I Dan membentuk oosit primer. Selama beberapa bulan kemudian, jumlah oogenia meningkat pesat, dan pada akhir bulan kelima perkembangan prenatal, jumlah total sel germinativum di ovarium mencapai maksimal, diperkirakan berjumlah 7 juta. Pada waktu ini, sel-sel mulai mati, dan banyak oogenia serta oosit primer menjadi atretik. Pada bulan ke tujuh, sebagian besar oogenia telah mengalami degenerasi kecuali beberapa yang terletak dekat dengan permukaan. Semua oosit primer yang bertahan hidup telah masuk ke tahap profase meiosis I, dan sebagian besar diantaranya masing- masing dibungkus oleh satu lapisan sel epitel gepeng. Oosit primer, bersama dengan sel epitel gepeng disekitarnya, dikenal sebagai folikel primordial.

Pematangan oosit berlanjut saat pubertas



Gambar 2.6 potongan ovarium pada berbagai tahap perkembangan

. A. Oogonia terdapat dalam kelompok-kelompok di bagian korteks ovarium. Sebagian memperlihatkan mitosis; yang lain berdiferensiasi menjadi oosit primer dan masuk ke tahap profase pembelahan meiotik pertama. B. Hampir semua oogonia telah berubah menjadi oosit primer pada profase pembelahan meiotik pertama. C. Tidak terdapat oogonia. Setiap oosit primer dikelilingi oleh satu lapisan sel folikular, membentuk folikel primordial. Oosit telah masuk ke tahap diploten profase, yaitu suatu tahap dengan keadaan oosit yang tetap demikian hingga sesaat menjelang ovulasi. Setelah itu barulah oosit tersebut masuk ke tahap metafase pembelahan meiotik pertama.



Gambar 2.7 A. Folikel primordial yang terdiri dari satu oosit primer dikelilingi oleh satu lapisan sel epitel gepeng. B. Folikel stadium pre-antenatal atau primer dini yang direkrut dari cadangan folikel primordial. Sewaktu folikel tumbuh, sel-sel folikular menjadi kuboid dan mulai mengeluarkan zona pelusida yang tampak sebagai bercak ireguler di permukaan oosit. C. Folikel primer matur (pre-antenatal) dengan sel folikular membentuk lapisan sel granulosa disekitar oosit dan adanya zona pelusida yang jelas.

Menjelang kelahiran, semua oosit primer telah memulai profase meiosis I, tetapi sel-sel ini tidak melanjutkan pembelahan ke tahap metafase namun masuk ke stadium diploten, suatu tahap istimewa selama profase yang ditandai oleh adanya jala-jala kromatin. Oosit primer tetap tertahan di profase dan tidak menuntaskan pembelahan meiotik pertama mereka sebelum pubertas tercapai. Keadaan tertahan ini ditimbulkan oleh *oocyte maturatiuon inhibition* (OMI), suatu peptida kecil yang dikeluarkan oleh sel folikular. Jumlah total oosit primer saat lahir dipekirakan baervariasi dari 600.000 sampai 800.000. Selama masa anak-anak, sebagian besar oosit menjadi atretik; hanyabsekitar 400.000 yang ada pada pemulaan petugas, dan kurang dari 500 yang akan di ovulasikan. Sebagian oosit yang mencapai kematangan pada tahap kehidupan telah berada pada keadaan dorman pada stadium diploten prmbelahan meiotik pertama selama 40 tahun atau lebih sebelum ovulasi. Tidak diketahui apakah stadium diploten

adalah fase paling cocok untuk melindungi oosit dari pengaruh lingkungan. Kenyataan bahwa resiko memiliki anak dengan kelainan kromosom meningkat seiring dengan usia ibu menunjukkan bahwa oosit primer rentan terhadap kerusakan sewaktu menjadi tua. Saat pubertas, terbentuk cadangan folikel yang terus tumbuh dan dipertahankan oleh pasokan folikel primordial. Setiap bulan, 15 sampai 20 folikel yang terpilih dari cadangan tersebut memulai proses pematangan, melewati 3 stadium : (1) primer atau pre-natal, (2) sekunder atau antral, dan (3) pre ovulasi (folikel graaf) . Stadium antral adalah stadium yang paling lama, sedangkan stadium pre ovulasi berlangsung selama sekitar 37 jam sebelum ovulasi. Sewaktu oosit primer mulai tumbuh, sel-sel folikel di sekitar berubah dari gepeng menjadi kuboid dan berpoliferasi untuk membentuk epitel berlapis, yaitu sel granulosa, dan unit yang terbentuk disebut folikel primer. Sel granulosa terletak pada membran basalis yang memisahkan sel ini dari sel stroma di sekitarnya yang membentuk teka folikuli. Sel-sel granulosa dan oosit juga mengeluarkan satu lapisan glikoprotein dipermukaan oosit, membentuk zona pelusida. Sewaktu folikel terus tumbuh, sel-sel teka folikuli tersusun membentuk satu lapisan dalam sel sekresi torik, teka interna, dan satu kapsul fibrosa di bagian luar, teka eksterna. Sel-sel folikel juga membentuk tonjolan-tonjolan kecil mirip jari yang menembus zona pelusida dan berjaln dengan mikrovilus dari membran plasma oosit. Proses ini penting untuk transpor bahan dari sel folikular ke oosit.

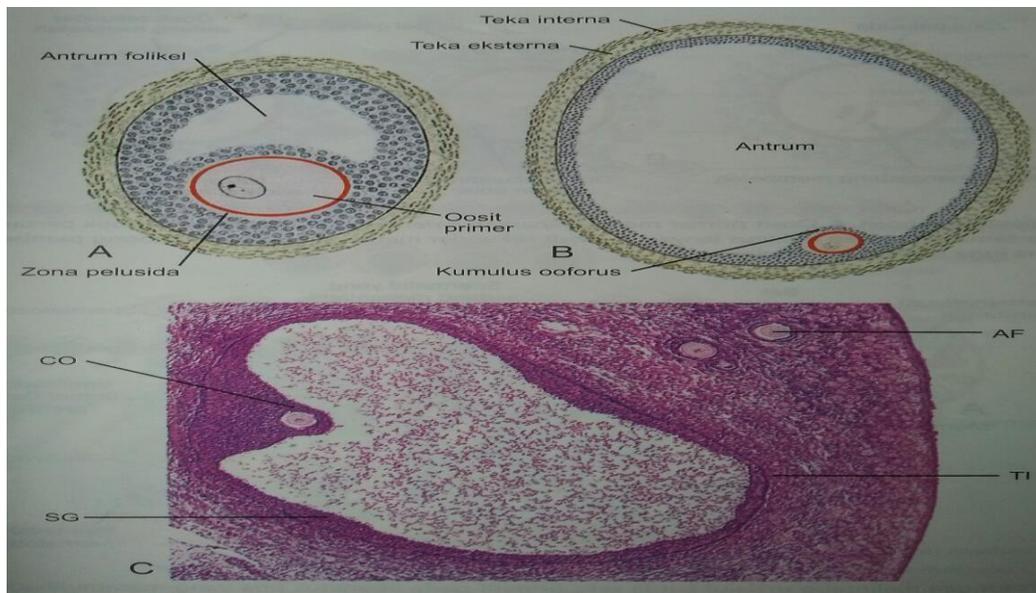
Seiring dengan berlanjutnya perkembangan, muncul rongga-rongga berisi cairan di antara sel-sel granulosa. Penyatuan ruang-ruang ini menghasilkan antrum, dan folikel dinamai folikel sekunder (vesikular) . Pada awalnya antrum berbentuk bulan sabit tetapi seiring dengan waktu ruang ini membesar. Sel granulosa yang mengelilingi oosit tetap utuh dan membentuk kumulus oofarus. Setelah matang, folikel sekunder mungkin bergaris tengah 25 mm atau lebih. Folikel ini di kelilingi oleh teka eksterna yang terdiri dari sel-sel dengan ciri sekresi steroid, kaya pembuluh darah, dan teka interna yang secara bertahap menyatu dengan stroma ovarium.

Pada setiap siklus ovarium, sejumlah folikel mulai berkembang, tetapi biasanya hanya satu yang mencapai kematangan sempurna. Yang lain berdegenerasi dan menjadi atretik. Ketika folikel sekunder telah matang, lonjakan *luteining hormone* (LH) akan memicu fase pertumbuhan preovulasi. Meiosis I tertuntaskan sehingga terbentuk dua sel anak dengan tukaran berbeda, masing-masing dengan 23 kromosom berstruktur ganda. Satu sel, oosit sekunder, mendapat sebagian sitoplasma; yang lain badan polar pertama, hampir tidak mendapat sitoplasma sama sekali. Badan polar pertama terletak antara zona pelusida dan membran oosit sekunder di ruang perivitelina. Sel kemudian masuk ke meiosis II tetapi terhenti pada tahap metafase sekitar 3 jam sebelum ovulasi. Meiosis II diselesaikan hanya jika oosit dibuahi; jika tidak, sel akan mengalami degenerasi sekitar 24 jam setelah ovulasi. Badan polar pertama mengalami pembelahan kedua.

3. Gametogenesis pada laki-laki

a. SPERMATOGENESIS

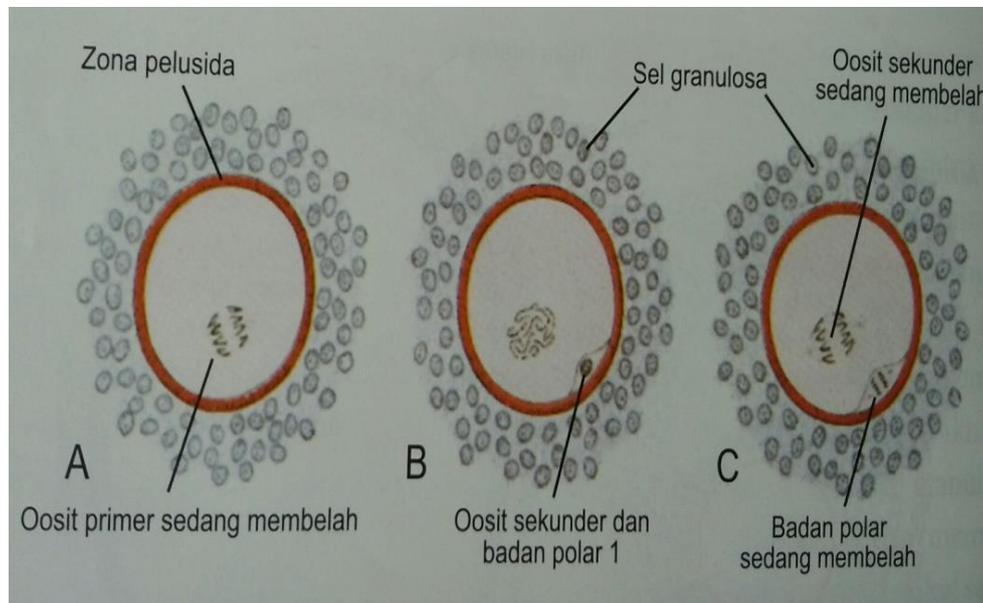
Pematangan sperma dimulai saat pubertas



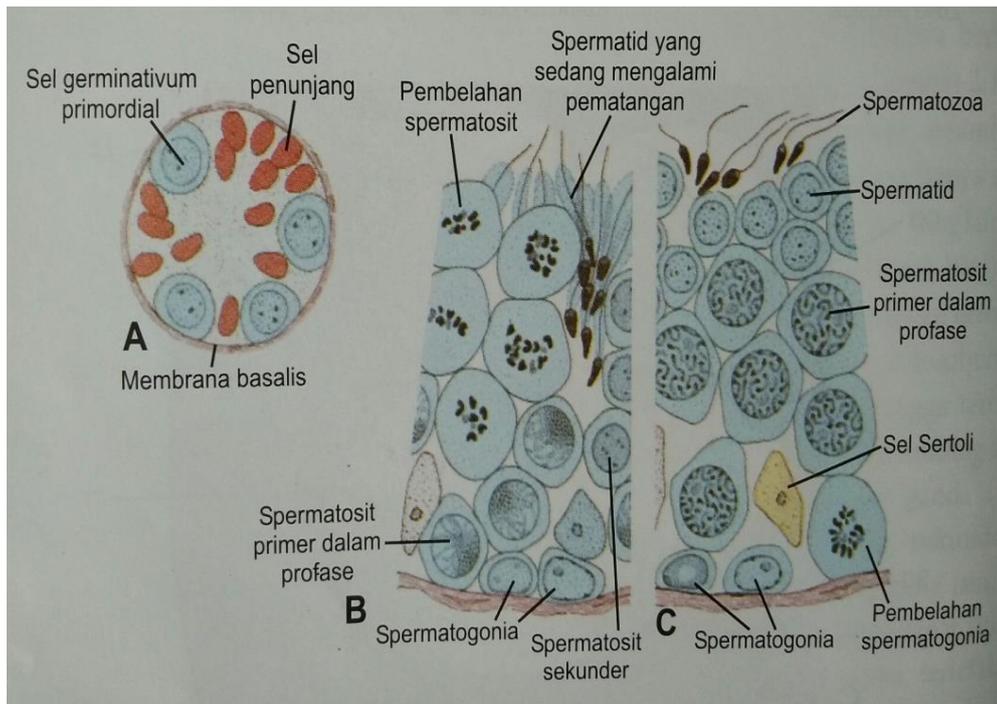
Gambar 2.8 A. Folikel stadium sekunder (antral). Oosit yang dikelilingi oleh zona pelusida, berada di tepi; telah terbentuk antrum akibat akumulasi cairan di ruang antarsel. Perhatikan susunan sel teka interna dan teka eksterna. B. Folikel sekunder

matur (graaf). Antrum telah banyak membesar, terisi oleh cairan folikel, dan dikelilingi oleh lapisan-lapisan sel granulosa. Oosit terbenam dalam tumpukan sel granulosa, kumulus ooforus. C. Fotomikrograf folikel sekunder matur dengan antrum (A) besar terisi cairan dan garis tengah 20 mm (x65). CO, kumulus ooforus; SG, sel granulosa; TI, teka interna; AF, folikel atretik

Spermatogenesis yang dimulai saat pubertas, mencakup semua proses pengubahan spermatogonia menjadi spermatozoa. Saat lahir, sel-sel germinativum pada bayi pria dapat dikenali di korda seks (genjel seks) testis sebagai sel besar pucat yang di kelilingi oleh sel penunjang. Sel penunjang yang berasal dari epitel permukaan kelenjar dengan cara seperti sel folikular, menjadi sel sustentakular atau sel sertoli.



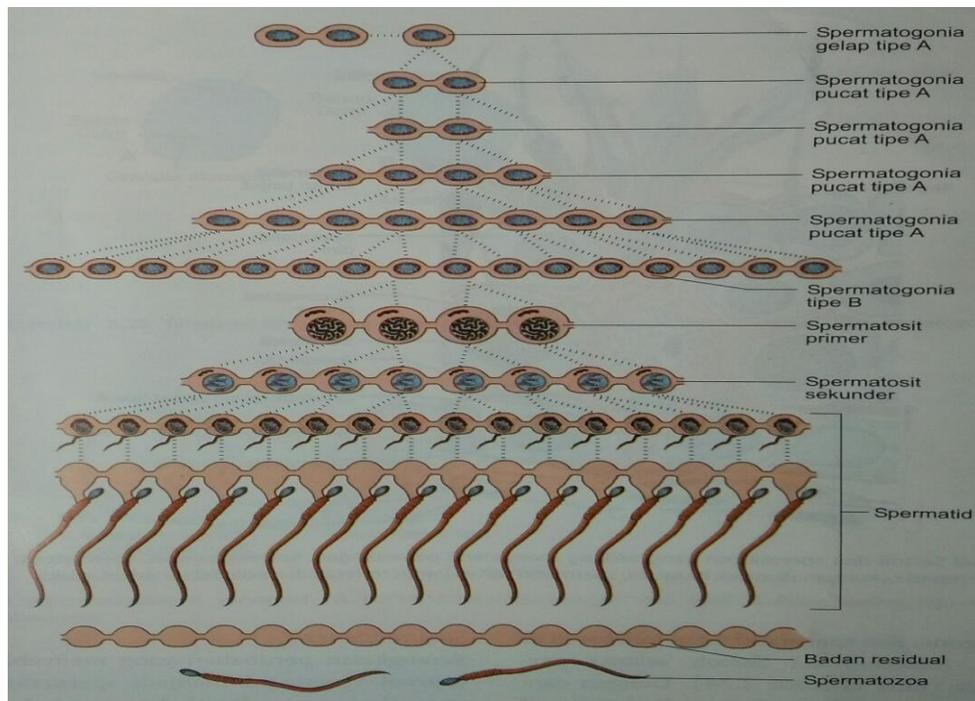
Gambar 2.9 pematangan oosit. A. Oosit primer memperlihatkan gelendong pembelahan meiotik pertama. B. Oosit sekunder dan bahan polar pertama. Membran nukleus lenyap. C. Oosit sekunder memperlihatkan gelendong pembelahan meiotik kedua badan polar pertama juga sedang membelah



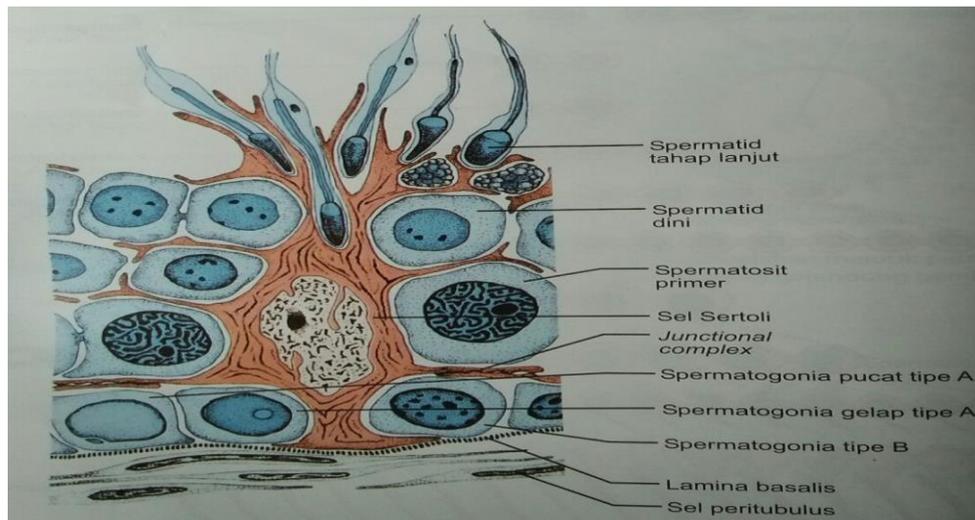
Gamba2.10 A. Potongan melintang melalui korda seks primitif pada neonatus pria yang memperlihatkan sel germinativum primordial dan sel penunjang. B,C. Dua segmen dari tubulus seminiferus dalam potongan melintang. Perhatikan tahap-tahap spermatogenesis yang berbeda-beda

Sejara sebelum pubertas, genjel seks membentuk suatu lumen dan menjadi tubulus seminiferus. Pada waktu yang bersamaan, sel-sel germinativum primordial membentuk sel tunas spermatogonia. Dari populasi sel tunas ini muncul sel-sel dalam interval-interval yang teratur untuk membentuk spermatogonia tipe A, dan untuk pembentukannya menandai dimulainya spermatogenesis. Sel tipe A Mengalami pembelahan mitotik dalam jumlah terbatas untuk membentuk suatu klon sel. Pembelahan sel yang terakhir menghasilkan spermatogonia tipe B yang kemudian membelah untuk membentuk spermatosit primer. Spermatosit primer kemudian memasuki tahap profase yang berkepanjangan (22 hari) diikuti oleh penuntasan secara cepat meiosis I Dan membentuk spermatosit sekunder. Selama pembelahan kedua, sel-sel ini cepat membentuk spermatid haploid. Disepanjang rangkaian proses ini, sejak saat sel tipe A Meninggalkan populasi sel tunas sampai pembentukan spermatid, sitokinesis berlangsung tidak sempurna sehingga generasinsel-sel selanjutnya

disatukan oleh jembatan sitoplasma. Karena itu, progeneri dari spermatohonium tipe A membentuk satu klon sel germinativum yang mempertahankan kontak selama diferensiasi.



Gambar 2.11 spermatogonia tipe A, yang berasal dari populasi sel tunas spermatogonia, adalah sel-sel pertama dalam proses spermatogenesis. Terbentuk klon-klon sel, dan dalam setiap pembelahan selanjutnya terbentuk jembatan sitoplasma yang menyatukan sel-sel sampai masing-masing sperma dipisahkan dari badan residual. Pada kenyataannya, jumlah sel yang saling berhubungan satu sama lain jauh lebih besar daripada yang diperlihatkan di gambar.



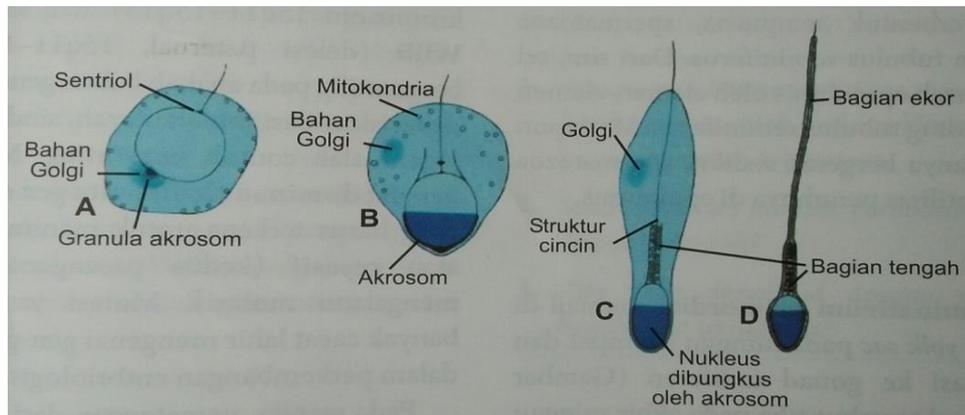
Gambar 2.12 sel sertoli dan spermatosit yang sedang mengalami pematangan. Spermatogonia, spermatosit, dan spermatid tahap awal menempati cekungan di aspek basal sel; spermatid tahap lanjut terletak di ceruk dalam dekat apeks

Selain itu, spermatogonia dan spermatid tetap terbenam di dalam ceruk (resesus) sel sertoli selama perkembangannya. Dengan cara ini, sel sertoli menunjang dan melindungi sel germinativum, ikut serta memberi nutrisinya, dan membantu pembebasan spermatozoa matur. Spermatogenesis di atur oleh produksi LH (*luteining hormone*) oleh hipofisis. LH menhikat reseptor di sel leidig dan merangsang produksi sel sertoli untuk mendorong spermatogenesis. *Follicle stimulating hormone* (FSH), juga esensial karena pengikatan hormon ini ke sel sertolo merangsang pembentukan cairan testis dan sintesis protein resptor antrogen intra sel.

b. SPERMIOGENESIS

Rangkaian perubahan yang menyebabkan transformasi spermatid menjadi spermatozoa di sebut spermiogenesis. Perubahan-perubahan ini mencakup (a) pembentukan akrosom yang menutupi separuh permukaan nukleus dan mengandung enzim untuk membantu penetrasi telur dan lapisan disekitarnya sewaktu fertilisasi; (b) pepadatan nukleus; (c) pembentukan leher, bagian tengah, dan ekor; dan (d) pengelupasan sebagian besar sitoplasma. Pada manusia, waktu yang di perlukan speematogonia untuk menjadi spermatozoa

matur adalah sekitar 74 hari, dan sekitar 300 juta sel sperma di hasilkan setiap harinya.



Gambar 2.13 tahap – tahap penting dalam transformasi spermatid manusia menjadi spermatozoa

Jika telah terbentuk sempurna spermatozoa masuk ke lumen tubulus seminiferus. Dari sini, sel ini di dorong ke arah epididimis oleh elemen-elemen kontraktif di dinding tubulus seminiferus. Meskipun pada awalnya hanya bergerak sedikit, spermatozoa memperoleh motilitas sepenuhnya di epididimis.

RANGKUMAN

Bab ini menjelaskan proses pembentukan sel kelamin atau gamet pada pria (spermatogenesis) dan wanita (oogenesis). Gametogenesis melibatkan pembelahan sel mitosis dan meiosis untuk menghasilkan sel gamet haploid. Spermatogenesis dimulai pada masa pubertas dan menghasilkan empat sperma dari satu spermatosit primer. Sementara itu, oogenesis dimulai sejak dalam kandungan, namun hanya satu sel telur yang matang dalam satu siklus menstruasi. Crossover dalam meiosis berperan dalam meningkatkan variasi genetik.

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Proses pembentukan sel kelamin wanita disebut ...
 - a. Spermatogenesis
 - b. Oogenesis
 - c. Fertilisasi
 - d. Embriogenesis
 - e. Osteoporosis
 2. Pada proses spermatogenesis, sel yang mengalami pembelahan meiosis pertama adalah ...
 - a. Spermatogonia
 - b. Spermatisit primer
 - c. Spermatisit sekunder
 - d. Spermatid
 - e. Spermatozoa
 3. Selama proses oogenesis, hanya satu oosit yang berkembang menjadi ovum matang, sedangkan sisanya menjadi ...
 - a. Spermatisit
 - b. Badan polar
 - c. Folikel sekunder
 - d. Korpus luteum
 - e. Sperma
 4. Crossover dalam meiosis bertujuan untuk ...
 - a. Mengurangi jumlah kromosom
 - b. Memastikan pembelahan sel mitosis berjalan lancar
 - c. Meningkatkan variasi genetik
 - d. Mencegah mutasi pada gamet
 - e. Menambah Jumlah Kromosom
-

5. Pada wanita, proses meiosis pada oosit primer akan berhenti pada tahap ... dan hanya dilanjutkan kembali jika terjadi fertilisasi.

- a. Profase I
- b. Metafase II
- c. Anafase I
- d. Telofase II
- e. Anafase II

BAB III

NEUROENDOKRIN

Tujuan pembelajaran :

Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

- b. Menjelaskan tentang neuroendokrin
- c. Menjelaskan macam-macam hormon
- d. Menjelaskan hormon reproduksi

1. Neuroendokrin

Neuroendokrin adalah sel saraf dalam system saraf yang membuat menyimpan dan mengalirkan hormone ke aliran darah yang menuju ke organ target dan mengakibatkan perubahan-perubahan pada organ target dan akhirnya terjadi perubahan-perubahan pada metabolisme. Hormon hanya bekerja pada organ-organ target yang mempunyai reseptor.

a. Macam-macam hormon

1) Kelenjar tiroid

Perkembangan Kelenjar tiroid merupakan pertumbuhan keluar lantai kavitas bukalis yang kemudian kehilangan hubungannya (duktus tiroglosus) dengan endoderm farinks. Kemudian dia bersatu dengan massa sel dari setiap kantung farink ke 5 (benda ultimobranchial). Evaginasi endodermal dari kantung farinks ke 3 dan 5 (kelenjar paratiroid) juga kemudian berhubungan erat dan tumbuh menempel dalam massa jaringan tiroid. Akhirnya kelenjar tiroid mengambil tempat di dorsolateral trakea di daerah larinks. Struktur. Kapsul kedua lobus tiroid tersusun dari serabut kolagen. Septa yang tersusun dari jaringan yang sama menyokong organ. Jaringan ikat perifolikuler tersusun dari serabut retikuler yang padat. Unit struktural kelenjar tiroid berupa folikel tiroid. Folikel adalah bangunan bundar berongga yang ukurannya tergantung pada tingkat aktivitas sel dindingnya. Rongga setiap folikel berisi dengan bahan mirip gelai disebut koloid, yang merupakan simpanan hasil sekresi sel epitelium folikel. Bentuk sel epitelium bervariasi dari kuboid rendah sampai kolumnar tinggi. Tinggi sel dalam satu folikel uniform. Epitelium tiroid terdiri dari sel-sel dinding folikel (90%) dan sel

parafolikel (Sel C). Sel dinding folikel tercat asidofil, inti terletak basal. Golgi

yang tercat pucat dan terletak supranukleus sering mudah terlihat. Tetes-tetes koloid sering ditemukan dekat permukaan lumen. Sel parafolikel berada dekat atau diantara sel dinding folikel, permukaannya jarang mencapai lumen. Sel dinding folikel dan sel parafolikel dibatasi oleh lamina basalis. Sel parafolikel tercat pucat. Koloid yang mengandung protein, glikoprotein dan enzim biasanya tercat asidofil. Glikoprotein tercat positif PAS. Pada folikel yang aktif, permukaan koloid tidak rata dan bervakuola. Pada folikel yang tidak aktif basofil atau asidofil. Bagian perifernya rata dan tidak ditemukan vakuola. Ukuran folikel dan tingginya epitel juga merupakan indikator aktivitas folikel. Aktivitas folikel berbanding terbalik dengan diameter folikel. Folikel kecil biasanya punya endotelium tinggi / dan tanda-tanda khusus koloid dan bersifat aktif; folikel besar punya epitelium pendek dan tanda-tanda khusus koloid dan kurang aktif. Pada koloid yang tidak aktif kadang-kadang epiteliumnya skuamus. Sintesis dan penyimpanan hormon tiroid. Meskipun struktur kelenjar tiroid sangat sederhana, namun kesederhanaan ini tidak menggambarkan kekompleksan mekanisme yang menyangkut mengenai sintesis, penyimpanan, mobilisasi dan sekresi hormone - T4 (tiroksin atau tetraiodotirosin) dan T3 (triiodotironin). Sintesis T3 dan T4 tergantung thyroid-stimulating hormone (TSH) dan adanya iodida (I-) ditranspor secara aktif melewati membrana basalis di bawah pengaruh TSH. Masuknya iodida dengan pompa menaikan konsentrasi iodida dalam sel folikuler tiroid. Dalam perjalanan ke tipe apikal iodida dioksidasi atau diaktifkan ke bentuk reaktif yaitu iodin (I₂). Peroksidase yang ada dimikrovili sel mengaktifkan halogen. Bersamaan dengan itu, asam amino yang masuk ke dalam sel disintesis menjadi polipeptida dalam RER. Glikosilasi polipeptida dalam golgi kompleks menghasilkan glikoprotein dalam vesikel sekretorik yang kemudian ditranspor ke tepi apikal sel ke dalam koloid. Iodinasi atau organifikasi glikoprotein terjadi di dalam atau permukaan apikal sel pada saat glikoprotein disekresikan. Organifikasi menyebabkan pembentukan tiroglobulin yaitu glikoprotein dengan BM lebih dan 650.000 dalton. Tiroglobulin mengandung beberapa karbohidrat / galaktose, manose, N-asetilil glukosamin, asam sialat dan asam iodoamin. Asam iodoamin dapat berbentuk 3monoiodotirosin (MIT), 3,5 diiodotirosin (DIT), 3, 5,

3'-triiodoterosin (T3), dan 3,5,3', 5' tetraiodoterosin (T4, tiroksin). Iodinasi residu tirosil melekat pada tiroglobulin dan pembentukan MIT dan DIT merupakan kunci pembentukan T3 dan T4. Gugusan DIT yang berdekatan satu dengan yang lain membentuk T4. Demikian juga antara DIT dan MIT membentuk T3. Pembentukan pasangan antar DIT dan antara DIT dan MIT terjadi di bawah pengaruh TSH. Sintesis tiroglobulin sesuai dengan mekanisme pembentukan glikoprotein. Proses organifikasi merupakan gambaran unik sel-sel epitel folikel. Penyimpanan produk sekretorik dalam koloid tiroglobulin merupakan gambaran unik kelenjar tiroid. Mobilisasi tiroglobulin bersifat esensial untuk sekresi T4 dan T3. Tiroglobulin harus kembali ke sel dan dipecah sebelum pelepasan T4 dan T3 berlangsung. Mobilisasi hormon tiroid. Setelah stimulus oleh TSH sel-sel epitel folikel mengalami perubahan morfologis untuk kepentingan transport tiroglobulin ke dalam sel. Sel-sel epitel kolumnar tinggi tampak tambah tinggi dan memiliki banyak mikrovili di permukaan apikalnya. Mikrovili bergerak keluar dan ke dalam koloid. Gambaran bergelembung dan tepi yang tidak rata pada tepi apikal/koloid sel yang aktif menunjukkan adanya mobilisasi. Gerakan endositotik tiroglobulin ke dalam sel tampak dengan adanya vesikel berisi koloid pada tepi apikal sel vesikel ini (fagosom) bergerak ke arah tepi basal dan bersatu dengan lisosom primer. Lisosom sekunder, dengan hidrolasenya menghancurkan molekul tiroglobulin. T4 dan T3 disekresikan melewati tepi sel basal; MIT dan DIT juga dibebaskan, dan melalui aktivitas protease dipecah menjadi tirosil dan iodida untuk mengalami daur ulang. Dalam keadaan normal tiroglobulin tidak pernah berada di luar folikel tiroid. Efek hormon tiroid. Hormon tiroid menimbulkan banyak efek kepada sel, jaringan, dan organ tubuh. Meskipun aktivitas spesifikasinya bermacam-macam, namun sebagian besar melibatkan metabolisme energi, tumbuh dan diferensiasi. Hormon ini menaikkan konsumsi O₂ dan menekan produksi energi. Karena pada proses ini panas di lepaskan, maka sering disebut efek kalorigenik. Hormon tiroid menaikkan kecepatan metabolisme karbohidrat dan lipid. Dengan demikian dia menaikkan metabolisme basal. Naiknya absorpsi glukose lewat usus bersama dengan glukoneogenesis dan glikogenolisis terjadi di bawah pengaruh hormon

ini. Meskipun gangguan glukosa di perifer meningkat, suatu kenaikan kadar glukosa sementara dalam darah, bahkan kadang-kadang melewati ambang ginjal dapat terjadi sebagai tanggapan terhadap sekresi T4 dan T3. Di samping itu kecepatan sintesis dan sekresi kolesterol naik dan secara keseluruhan di bawah pengaruh hormon ini tubuh kehilangan kolesterol. Secara umum hormon tiroid menstimulasi sintesis protein, tetapi katabolisme protein masih dapat berlangsung bila tuntutan metabolik membutuhkan suplemen energi dan glukoneogenesis. Demikian juga hormon tiroid yang berlebihan dibarengi dengan proses lain dapat ditimbulkan oleh T4 dan T3 pada organ dan jaringan yang lain. Hormon tiroid berpengaruh terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan. Mereka esensial untuk perkembangan normal pada sebagian besar organ dan sistem. Tidak adanya hormon ini terutama akan mengganggu perkembangan sistem syaraf dan skeleton. Mekanisme hormon tiroid mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan normal tidak diketahui. Pengaturan hormon tiroid. Sebagian iodine berada bebas dalam plasma, tetapi sebagian besar dalam keadaan terikat dengan protein (protein bound iodine PBI) terutama dalam bentuk T4 dan T3. Ikatan protein terutama oleh thyroxine binding globulin (TBG). Hormon bebas, dalam keadaan seimbang dengan yang terikat dengan TBG, berdifusi ke dalam jaringan dan mempengaruhi proses metabolisme. Hubungan logis antara T4 dan T3 belum pernah dijelaskan. T4 memiliki afinitas ikatan dengan protein lebih besar, juga aksi lebih luas dan waktu paruh yang lebih besar dibanding T3. Meskipun beberapa peneliti mengatakan bahwa ke duanya aktif, namun yang lain mengatakan bahwa T4 merupakan prohormon yang akan mengalami deiodinasi membentuk T3 yang lebih aktif. Ada 3 mekanisme untuk metabolisme T4 dan T3

- konjugasi, deaminasi - transaminasi, dan deiodinasi. Konjugasi dengan suatu glukoronida terjadi di hati, diikuti dengan ekskresi hormon yang sudah dikonjugasikan tadi ke empedu. Hidrolisis produk yang sudah dikonjugasi dalam intestinum dapat menyebabkan terjadinya reabsorpsi hormon melalui sirkulasi enterohepatik. Asam amino dalam iodotironin merupakan subyek reaksi deaminasi-transaminasi. Reaksi terjadi di hati dan ginjal. Proses deaktivasi yang terpenting adalah deiodinasi hormon tersebut di sel target. Pembebasan T4 dan

T3 oleh kelenjar tiroid diatur melalui sekresi TSH oleh pars distalis. Pelepasan TSH dikontrol oleh sekresi hipotalamus TRF. Hormon tiroid punya pengaruh umpan balik negatif terhadap pars distalis dan hipotalamus. Lingkungan suhu dingin menstimulasi hipotalamus mensekresikan TRF. Cekaman (stress) emosi juga efek pembebasan TRF, namun cekaman umumnya yang berhubungan dengan saraf simpatis dan kenaikan aktivitas metabolik menghambat pembebasan TRF. Perubahan aktivitas kelenjar dapat berakibat hipotiroidisme atau hipertiroidisme. Pada hipotiroidisme primer kelenjar tidak mampu mengadakan respon terhadap stimulus TSH untuk menghasilkan hormon tiroid dalam jumlah yang cukup. Ini merupakan akibat berbagai proses penyakit. Tanpa adanya T4 dan T3 yang memberi pengaruh terhadap hipotalamus dan pars distalis kelenjar tiroid selalu dalam keadaan terstimulasi TSH. Keadaan ini dapat mengakibatkan pembesaran tiroid (goiter, gondok). Difisiensi iodine merupakan ciri perubahan kelenjar ini. Hipotiroidisme sekunder disebabkan oleh kerusakan pada hipotalamus atau kelenjar hipofisis. Kelenjar tiroid mampu memproduksi T4 dan T3 tetapi tidak pernah menerima stimulus yang diperlukan. Titoglobulin tertimbun dalam folikel dapat mempengaruhi sistem imun dan menimbulkan kerusakan kelenjar. Tiroglobulin disini bertindak sebagai antigen, akibatnya terjadi hipotiroidisme autoimun. Hipotiroidisme dapat terjadi karena stimulus yang berlebihan oleh TSH atau tumor tiroid.

2) Kelenjar paratiroid

Kelenjar ini berasal dari kantong farinks ke 3 (paratiroid eksternal) dan ke 4 (paratiroid internal). Posisi paratiroid eksternal dapat bervariasi dari kranial tiroid sampai setinggi masuknya ke ruang toraks. Paratiroid internal dapat lenyap (unggas, babi), dapat pula melekat di dalam, diatas atau dekat kelenjar tiroid (spesies lain). Struktur. Kapsula kelenjar paratiroid eksternal dapat berupa jaringan kolagen longgar yang berikatan dengan fascia disekitarnya. Paratiroid internal tidak punya kapsula yang sebenarnya tetapi dilingkungi oleh jaringan kolagen longgar berasal dari kelenjar tiroid. Parenkim tersusun dari tali, gerombolan, pita-pita, dan raut sel-sel sekretorik. Kadangkadang dapat ditemui adanya folikel. Sel-sel ini disokong oleh stroma serabut retikuler dan kaya

kapiler. Sel utama terdiri dari sel prinsipal dan sel oksifil. Sel prinsipal ada 2 macam, yaitu sel prinsipal terang dan sel prinsipal gelap. Jumlah mereka lebih banyak dibanding sel oksifil. Sel prinsipal terang dan gelap adalah sel yang sama dengan status fisiologis yang berbeda. Sel terang (kuboid) inaktif, sitoplasma tercat asidofil terang, nukleus besar vesikuler. Sel ini ditemukan banyak pada hewan piaraan dan manusia. Sentroplasma terlihat transparan dengan elektron mikroskop, memiliki sedikit organela dan granula sekretorik. Tetes-tetes lipid, inklusi lipofusin, dan glikogen dapat ditemukan. Sel prinsipal gelap aktif, dan pada kebanyakan spesies ditemukan lebih sedikit dibanding yang terang. Nukleusnya kecil, vesikuler, sitoplasma asidofil, kaya granula sekretorik. Stimulus pada kelenjar paratiroid mengakibatkan dilepasnya granula sekretorik, dan sitoplasma menjadi terang. Stimulus yang terus menerus akan menyebabkan sel ini tercat tipis, terus bervakuola dan akhirnya menjadi sel terang. Sel oksifil ditemukan pada sapi, kuda dan manusia, tapi tidak selalu ditemukan pada hewan piaraan yang lain. Bentuk sel besar, sitoplasma granuler, asidofil. Nukleus kecil tercat gelap. Sel-sel ini biasanya ditemukan dalam gerombolan-gerombolan kecil. Diperkirakan mereka berasal dari sel prinsipal. Fungsinya belum diketahui. Hormon paratiroid Hormon paratiroid (parathormon, PTH) merupakan polipeptida produk sekretorik selsel prinsipal kelenjar paratiroid. Parathormon merupakan faktor hiperkalsemik. Dilepasnya hormon ini merupakan respon terhadap hipokalsemia dan akan menaikkan kadar Ca^{++} plasma. Kadar Ca^{++} plasma yang normal disebut normokalsemia. Bersama dengan kalsitonin dan Vitamin D3 hormon ini mengatur agar $[Ca^{++}]$ plasma konstan. Kalsitonin (Calcitonin, CT) merupakan produk sel-sel parafolikuler kelenjar tiroid. Kalsitonin merupakan faktor hipokalsemia. Pembebasan kalsitonin akan menurunkan $[Ca^{++}]$ pada hiperkalsemia. Vitamin atau hormon D merupakan vitamin yang sangat dibutuhkan dalam diet, tetapi hormon ini juga disintesis oleh tubuh. Vitamin D3 atau kolekalsiferol (cholecalciferol) masuk ke dalam tubuh melalui dalam jumlah kecil dan disintesis dalam kelenjar sebacea kulit. Hormon D disintesis dari 7dehidrokolesterol dan membutuhkan fotoaktivasi dengan radiasi ultraviolet. Hormon D3 kemudian ditranspor ke hati dan mengalami

hidroksilasi membentuk 25-hidroksikolekalsiferol (25-hydroxycholecalciferol, 25-HCC atau 25-(OH)D₃). Bila terjadi tuntutan kebutuhan Ca⁺⁺, maka 25-HCC diubah menjadi 1,25-dihidroksikolekalsiferol (1,25-dihydroxycholecalciferol, 1,25-DHCC atau 1,25-(OH)₂D₃) dalam mitokondria sel epitel tubulus ginjal. Bila pada saat itu organisme tidak butuh Ca⁺⁺ maka 1,25-DHCC diubah 24,25-dihidroksikolekalsiferol (24,25DHCC, 24,25-(OH)₂D₃) di mitokondria epitel tubulus ginjal. Vitamin D₂ (kalsiferol) dibentuk dari radiasi ergosterol, suatu sterol tumbuhan. Sekali vitamin ditelan dan diabsorpsi akan mengalami transformasi seperti D₃. Vitamin D₂ aktif pada mamalia, tetapi tidak pada unggas. PTH merupakan hormon pertama yang mengatur [Ca⁺⁺] plasma. Efek biologis yang terpenting ini adalah: 1) menaikkan [Ca⁺⁺] plasma dan menurunkan [Pi] plasma; 2) menaikkan sekresi Pi melalui urine (fosfaturia); 3) menaikkan konservasi Ca⁺⁺ melalui urine; 4) menaikkan kecepatan remodeling skeletal; 5) menaikkan kecepatan osteolisis-osteositik; 6) memberi fasilitas pembentukan 1,25-DHCC dengan menimbulkan efek trofik kepada sistem 1- hidrolase; 7) menaikkan absorpsi Ca⁺⁺ dan Pi oleh intestinum, karena memiliki efek langsung terhadap pembentukan 1,25-DHCC. Pembentukan PTH menyebabkan kenaikan Ca⁺⁺ plasma. Pada skeleton ini mengaktifkan terlepasnya 1,66 molar Ca⁺⁺ setiap 1 molar Pi. Ca⁺⁺ dan Pi diserap dari intestinum dengan konsentrasi molar yang sama. Dengan demikian kedua mekanisme menyebabkan kenaikan kedua ion dalam darah. Efek kalsitonin terhadap sel-sel osteoklastik dan osteositik berlawanan dengan aksi PTH. Efek kalsitonin terhadap pengaturan kadar kalsium meliputi: 1) menurunkan Ca⁺⁺ dan Pi plasma; 2) menghambat stimulus parathormon terhadap osteoklasia dan osteolisis osteositik; 3) Hambatan tidak langsung terhadap absorpsi Ca⁺⁺ dan Pi di intestinum tenue; dan 4) stimulus aktivitas osteoklastik dalam waktu pendek. Hambatan CT terhadap absorpsi Ca dalam intestinum tenue secara tidak langsung yaitu dengan menghambat pembentukan 1,25-DHCC. Peran CT terhadap ginjal tidak jelas. Regulasi Ca⁺⁺ oleh PTH dan CT lebih tepat bila dibandingkan hanya dengan 1 hormon saja. PTH melindungi terhadap hipokalsemia; CT merupakan hormon yang darurat, dan melindungi tubuh terhadap hiperkalsemia

pascaprandial. Kedua hormone polipeptida ini memberikan pengaruhnya melalui c AMP.

3) Kelenjar adrenal

Kelenjar ini merupakan organ kecil yang terletak dekat kutub kranial ginjal. Secara embriologis mereka berasal dari 2 lapisan embrional – mesoderm dan ectoderm kista neuralis. Mesenkim antara akar mesenterium dan gonad yang sedang berkembang mengalami proliferasi dan diferensiasi menjadi korteks adrenal fetal atau primitif. Sel-sel kista neuralis berkembang di tengah-tengah korteks fetal membentuk medula adrenal. Segera sesudah itu, sel-sel mesenkim lainnya menginervasi kelenjar yang sedang berkembang itu, berproliferasi dan berkembang menjadi korteks dewasa atau definitif. Setelah lahir korteks fetal mengalami regresi, kecuali bagian yang terdalam yang menjadi zona retikularis. Pada mamalia korteks dan medula jelas terpisahkan, meskipun sering ada interdigitasi. Pada unggas jaringan korteks dan medula bercampur. Pada beberapa spesies sering ditemukan kelenjar adrenal tambahan. Pada beberapa rodensia kelenjar tambahan ditemukan pada epididimis. Organ dibungkus kapsula tersusun dari jaringan ikat padat kolagen. Trabekula tersusun dari jaringan kolagen longgar, masuk ke dalam parenkim sampai ke batas medula. Stroma penyokong tersusun dari serabut kolagen dan retikuler halus. Vasa, limfe dan syaraf. Kelenjar ini kaya vaskularisasi. Arteri utama bercabang sebelum memasuki kelenjar, membentuk banyak arteriola. Ada 3 pola sirkulasi yang muncul dari arteriola tadi:

1. Pleksus kapiler subkapsularis bercabang-cabang ke daerah subkapsula dan mengalir ke vena subkapsula;
2. Pleksus kortikal mengalir melalui vena ke medula;
3. Arteriola menembus korteks memberi suplai medula dan berakhir di vena medula. Syaraf parasimpatis dan simpatis menginervasi korteks dan medula; namun, hanya sedikit informasi yang diketahui mengenai fungsi saraf parasimpatis, sebagian besar serabut bersifat preganglionik dan simpatik ke medula adrenal. Vasa limfe ditemukan di jaringan ikat kapsula dan jaringan interstisial kelenjar.

Korteks Adrenal Zonasi dan gambaran seluler. Korteks adrenal tersusun dari sel-sel sekretorik berbentuk polihedral tersusun dalam bentuk tali-tali, biasanya setebal 2 sel. Tali-tali tersebut terorientasi secara radial dari daerah medula. Orientasi dan perbedaan-perbedaan sitologis memungkinkan dibedakannya zonasi korteks - zona glomerulosa, zona fasikulata dan zona retikularis. Zona glomerulosa disebut zona arkuata dan zona multiformis. Daerah subkapsula ini (gambar IV-20) tersusun dari tali-tali sel berbentuk busur (kuda, karnivora, babi) atau gerombolan-gerombolan sel berbentuk glomerulus (ruminan dan manusia). Bentuk sel kolumnar (manusia, kuda, karnivora, babi) atau polihedral (spesies lain) (gambar IV-21) Perenkim berhubungan erat jala-jala vaskular padat. Sitoplasma lebih asidofil dan kadang bergelembung dibanding sel-sel di zona di dekatnya. Nukleusnya lebih kecil dan lebih padat dibanding zona didekatnya. Adanya inklusi lipid yang halus biasanya berhubungan dengan aktivitas seluler yang meningkat. Pada ruminansia dan manusia, sering terlihat adanya granula basofil dalam sitoplasmanya. Zona intermedia, disusun oleh sel-sel yang belum berdiferensiasi, menyisip diantara zona glomerulosa dan zona fasikulata dan sebagian besar hewan piaraan. Zona fasikulata merupakan zona yang terlebar pada korteks. Dia tersusun dari sel kuboid atau polihedral tersusun dalam tali-tali radial. Setiap tali sel tersusun dari 1 atau 2 sel dan dipisahkan oleh tali-tali sel didekatnya oleh jala-jala sinus yang padat. Sel-sel besar yang terdapat 2/3 bagian luar zona ini memiliki nukleus besar vesikuler (nukleus 2 buah banyak ditemukan), sitoplasmanya sangat bergelembung. Sel-sel ini sering disebut spongiosit. Sel-sel pada 1/3 bagian dalam tidak berlipid dan sitoplasmanya lebih basofil. Zona retikularis terdiri dari sel-sel yang tersusun dalam tali-tali yang beranastomosis. Sel-selnya sama dengan yang ditemukan di zona fasikulata, tetapi punya lipid yang lebih sedikit, nukleus dan sitoplasma tercat lebih gelap. Pigmen lipofusin sering ditemukan. Bentuk dan fungsi. Korteks adrenal dibutuhkan untuk hidup, hormon-hormonnya banyak berpengaruh terhadap proses-proses somatik yang esensial. Meskipun banyak hormon steroid telah diisolasi dari korteks, mereka dapat dikelompokkan sebagai mineralokortikoid, glukokortikoid dan hormon seks. Beberapa bukti menunjukkan bahwa zona

glomerulosa merupakan tempat diferensiasi dan proliferasi sel-sel korteks. Sel-sel mungkin berproliferasi di zona glomerulosa dan berdiferensiasi menjadi parenkim yang spesifik untuk zona fasikulata. Mereka berjalan sepanjang tali-tali dan akhirnya mengalami degenerasi di zona retikularis. Histofisiologi Mineralokortikoid. Mineralokortikoid terutama merupakan aktivitas sel-sel zona glomerulosa untuk pengadaan elektrolit cairan ekstraseluler - terutama Na⁺ dan K⁺. Mineralokortikoid yang terpenting adalah aldosteron, tetapi kortikosteroid yang lain (kortikosteron, kortisol, deoksikortikosteron) memiliki juga aktivitas mineralokortikoid. Aldosteron memperbesar reabsorpsi Na⁺ oleh sel-sel tubuli ginjal. Aldosteron juga punya efek yang sama terhadap kelenjar keringat, kelenjar ludah dan intestinum. Banyak efek sekunder yang berhubungan dengan mekanisme konservasi Na⁺ oleh aldosteron ini. Reabsorpsi Na⁺ berhubungan dengan sekresi K⁺ dan H⁺. Kehilangan K⁺ dan alkalosis dapat terjadi. Kehilangan K⁺ dapat berakibat kelemahan otot, jantung aritmik. Alkalosis biasanya bersifat sementara dan dapat diperbaiki dengan mekanisme pengaturan asam/basa. Kenaikan retensi Na⁺ juga memperbesar retensi air, mengakibatkan naiknya cairan ekstraseluler dan volume darah bersamaan dengan polidipsia. Kenaikan volume cairan menaikkan kerja yang harus dilakukan jantung. Poliurea juga terjadi sebagai kompensasi naiknya volume cairan. Efek sebaliknya terjadi dengan tidak adanya aldosteron. Hiponatremia, hiperkalemia dan volume cairan yang lebih rendah dapat diantisipasi tanpa pembebasan aldosteron. Sistem kardioraskuler tidak dapat berfungsi dengan baik karena rendahnya cairan tubuh (hipovolemia), dan aktivitas jantung berkurang tanggapan terhadap menurunnya volume cairan dan naiknya K⁺. Shok hipervolemik dan kematian dapat terjadi. Aldosteron sangat esensial untuk pengaturan balans Na⁺ dan K⁺. Sekresi aldosteron diatur oleh konsentrasi Na⁺ dan K⁺ dalam cairan ekstraseluler dan sistem renin – angiotensin Faktor natriuretik atrial (atrial natriuretic factor, ANF) menghambat sekresi aldosteron, renin dan hormon anti diuretik. Dia juga menyebabkan menurunnya tekanan darah arterial, diuresis, dan natriuresis. Sekresi mineralokortikoid (dan glukokortikoid) yang tidak cukup merupakan karakter hipoadrenokortikosis (penyakit Addison). Meskipun sindrom Cushing

(hiperadrenokortisisme) merupakan akibat kelelahan sekresi aldosteron, tetapi efek yang utama adalah kelebihan sekresi glukokortikoid. Kemoterapi pada sindrom Cushing kalau tidak berhati-hati dapat berakibat terciptanya hewan addisonian. Glukokortikoid. Hormon ini terutama disekresi oleh zona fasikulata. Glukokortikoid yang terpenting adalah kortisol meskipun kortikosteron dan kortison juga punya efek glukokortikoid. Kortison ditranspor di darah terikat pada suatu globulin plasma transkortin atau corticosteroid-binding globulin (CBG) punya efek berlawanan terhadap jaringan. Kortisol mengakibatkan hiperglikemia dan menurunnya penggunaan glukosa di perifer. Glikogenesis dan glukoneogenesis berakibat dengan naiknya pembebasan glukosa oleh hati. Kortisol bersifat diaktogenik. Glukokortikoid menaikkan sintesis protein dalam hati, tetapi menurunkannya pada jaringan yang lain. Peran sebagai tanggapan terhadap menurunnya volume kortisol pada metabolisme lipid tidak jelas diketahui. Meskipun bersifat lipolitik dan menyebabkan kenaikan pembebasan asam lemak bebas dan jaringan lemak, tetapi pemberian kortisol yang berlebihan dapat berakibat deposisi lipid. Mungkin kortisol menstimulasi pembebasan insulin, sedang insulin bersifat lipogenetik dan menstimulasi pembentukan jaringan lemak. Glukokortikoid punya efek antiinflamasi. Hormon ini menstabilkan membran lisosom, menurunkan sintesis kolagen, meninggikan degradasi kolagen, dan menghambat proliferasi fibroblas. Glukokortikoid juga menekan imunokompetensi menunda penyembuhan luka, osteopenia kuantitatif. Ulxasi gastrreum dapat diakibatkan oleh kelebihan glukokortikoid; mekanismenya terhadap Stimulus sel parietal belum diketahui. Glukokortikoid dibebaskan sebagai tanggapan terhadap stres, membantu memelihara volume cairan ekstraseluler dan mengurangi vasodilatasi akibat syok. Kortisol juga berpengaruh terhadap status mental. Depresi mental karena ketidakcukupan glukokortikoid dapat berkembang menjadi euforia setelah pemberian glukokortikoid. Kortisol juga melengkapi fungsi hormon lain (GH, Glukogen, katekolonia). Glukokortikoid bersifat anti alergi karena menghalangi pembebasan histamin. Sintesis dan pembebasan hormon ini diatur oleh ACTH pars distalis. CRF mengatur pembebasan ACTH. Stres merupakan stimulus penting yang

terhadap sekresi glukokortikoid. Penyakit Addison ditandai dengan ketidakmampuan memproduksi glukokortikoid. Sindrom Cushing berhubungan dengan pemberian atau sekresi glukokortikoid yang berlebihan. Hormon kelamin. Dalam keadaan normal satu-satunya hormon kelamin yang dihasilkan adalah androgen yang disebut dihidroepiandrosteron. Substansi ini dapat dimetabolisasikan menjadi testosteron dan estradiol.

Medula Kelenjar Adrenal Struktur. Perbatasan korteks-medula dapat terlihat jelas, ataupun interdigitasi. Komponen utama medula adalah: Sel kelenjar, sel ganglion, vena, dan kapiler. Sel-selnya berasal dari kista neuralis ektoderm dan merupakan bagian dari sistem APUD (amine precursor uptake and decarboxylasi). Sel kelenjarnya besar, bentuk kolumnar atau polihedral, nukleusnya besar, vesikuler. Sel terpolarisasi, satu kutub menghadap vena, kutub yang lain menghadap kapiler. Sitoplasmanya basofil, dan punya granula terikat kromafin, sering disebut adrenokrom. Sel-selnya disebut sel kromafin atau feokrom. Reaksi positif ini disebabkan adanya amin biogenik (katekolamin) yaitu epinefrin dan norepinefrin. Pada sebagian besar spesies sel penghasil epinefrin dan norepinefrin terdistribusi secara acak. Pada sapi sel penghasil epinefrin terletak di lamina eksterna, sedang norepinefrin di lamina interna. Sel ganglion tersebar secara acak di medula. Histofisiologi. Sintesis dan pelepasan hormon epinefrin dan norepinefrin berlangsung secara sinapsis antara ujung serabut preganglionik dengan sel-sel kelenjar. Epinefrin adalah α dan stimulator yang kuat. Norepinefrin adalah α stimulator yang kuat, tetapi β stimulator yang lemah. Stimulator α reseptor menimbulkan vasokonstriksi, dilatasi pupil, kontraksi otot polos pilomotor, kontraksi otot polos pembuluh darah. Stimulator β reseptor menyebabkan inhibisi otot polos pembuluh darah, intestinum, bronkiol, uterus dan kapsula lien. Beberapa sekresi kelenjar dihambat oleh stimulus β reseptor. Stimulus β reseptor menyebabkan eksitasi otot jantung. Sistem kromafin. Sel kromafin di medula dan di luar medula dimasukkan dalam sistem kromafin. Kromafin ektramedula disebut paraganglia, berhubungan dengan aorta abdominalis dan kelenjar Zuckerkandl.

4) Kelenjar pada pancreas

Bagian endokrin pankreas, pulau-pulau pankreas (pulau Langerhans) tersebar secara acak dalam organ. Bagian eksokrin (asini pankreas) merupakan pulau-pulau pankreas bersifat endodermal. Pulau-pulau pankreas melepaskan diri dari sistem duktus dan tumbuh menjadi sel-sel endokrin. Struktur. Bagian endokrin merupakan massa sel tercat pucat disokong oleh jaringan retikuler. Sinus-sinus besar memisahkan tali-tali sel atau gerombolan sel. Sel-sel utama berupa sel α dan sel β . Ditemukan pula sel C dan sel D. Sel α (A) berbentuk poligonal, nukleus kaya heterokromatin. Granula tidak larut dalam alkohol, tercat merah muda dengan aldehyd fuchsin Gomori, dan merah dengan pengecatan Mallory-Azan. Sel β (B) secara struktural sama dengan sel α , tetapi granulanya larut dalam alkohol, tercat ungu gelap dengan aldehyd fuchsin Gomori, jingga pucat dengan Mallory-Azan. Sel C tidak punya granula; sel (D) tercat biru dengan Mallory-Azan. Sel-sel mirip sel enterokromafin ditemukan dalam kelenjar ini. Sel β predominan dan pada anjing kira-kira meliputi lebih dari 75% dari jumlah seluruh sel. Mereka menghasilkan insulin. Sel-sel α menghasilkan glukagon, kolesistokinin (cholecystokinin, CCK), dan ACTH-endorfin. Sel C yang ditemukan pada pankreas marmut fungsinya belum jelas. Sel C mungkin pregenitor sel α , mungkin pula sel α atau β yang sudah tua atau dalam keadaan istirahat. Ia hanya merupakan bagian kecil populasi sel. Dengan teknik imunofluoresensi terbukti bahwa sel menghasilkan somatostatin dan peptida intestinal vasoaktif (vasoactive intestinal peptide, VIP). Karena somatostatin merupakan inhibitor kuat terhadap aktivitas sel α dan β , maka diperkirakan bahwa sel δ bertugas sebagai inhibitor lokal terhadap sekresi insulin dan glukagon. Sel enterokromafin diperkirakan menghasilkan serotonin, metilin, dan substansi P. Histofisiologi. Insulin merupakan faktor hiperglikemik yang dihasilkan sel β . Glukagon, suatu faktor hiperglikemik dihasilkan sel α . Proinsulin, disintesis sebagai polipeptida tunggal tidak aktif dengan berat molekul 9000 dalton. Kemudian diaktifkan dalam granula sekretorik. Pada saat tersebut dia dipecah oleh enzim mirip tripsin menjadi insulin dan fragmen pecahan (segmen penghubung). Insulin, suatu dipetida dengan berat molekul kira-kira 6000 dalton. Glukagon suatu peptida tunggal dengan berat molekul kira-kira

3500 dalton sebagian besar glukagon dihasilkan oleh sel-sel α pulau-pulau pankreas. Dalam jumlah kecil, enteroglukagon dihasilkan oleh mukosa sel-sel gastrointestinal. Makna fungsi enteroglukagon belum diketahui dengan jelas. Insulin dan glukagon mengatur metabolisme karbohidrat. Insulin akan dibebaskan bila terjadi hiperglikemia, sedang glukagon bila terjadi hipoglikemia. Sel α dan β merupakan reseptor dan regulator seromekanisme yang menanggapi aras glukosa darah; banyak jaringan bertindak sebagai efektor untuk mempertahankan aras glukosa darah homeostatik dan terjaminnya persediaan energi. Meskipun insulin tidak memberi pengaruh langsung terhadap pengambilan glukosa oleh hati, tetapi dia menaikkan metabolisme gula sel-sel hati. Glukoneogenesis mengecil di bawah pengaruh insulin. Lipogenesis, pengambilan asam amino, dan sintesis protein semuanya meningkat di sel-sel hati. Insulin merupakan salah satu hormon anabolik yang terpenting. Dia mendorong penggunaan glukosa sebagai sumber energi dan mendorong penyimpanan glukosa sebagai glikogen. Dia mendorong penyimpanan trigliserida dan mengurangi penggunaannya sebagai sumber energi. Sintesis protein ia tingkatkan dan tidak digunakan sebagai sumber energi. Insulin juga berpengaruh terhadap (K^+) intra- dan ekstra-seluler. Pengambilan glukosa bersamaan dengan naiknya K^+ . Insulin diinaktifkan oleh sekelompok enzim yang secara umum disebut insulinase yang ditemukan dalam banyak sel (hati, ginjal, otot sekelet). Waktu paruh insulin dalam plasma hanya 10 menit; dengan demikian dibutuhkan sekresi insulin secara kontinyu, agar aktifitas metabolik dapat berlangsung dengan baik. Sekresi insulin oleh sel β yang tidak cukup atau tidak sama sekali mengakibatkan diabetes melitus. Kadar glukosa tinggi dan melewati ambang ginjal, terjadilah glukosuria. Diuresis osmotik karena glukosuria mengakibatkan terjadinya poliurea dan polidipsia. Kadar glukosa tinggi, tetapi hewan tidak mampu menggunakan glukosa sebagai sumber energi. Diabetes melitus menimbulkan komplikasi ketoasidosis. Mobilisasi lipid yang berlebihan melewati kapasitas metabolisme hati dan terbentuk benda-benda keton. Pelepasan H^+ hasil disosiasi benda keton menimbulkan asidosis. Bila tidak diperbaiki dapat mengakibatkan koma dan kematian diabetik. Hipoglikemia dapat terjadi pada

berbagai keadaan; insulinoma (tumor sel pulau pankreas) merupakan penyebab utama tidak terkendalinya pembebasan insulin. Glukagon, antagonis insulin bersifat glikogenolitik, glukoneogenik, dan lipolitik. Dia menjamin tersedianya glukosa sebagai sumber energy. Hepatosit menanggapi pembebasan glukagon dengan memperbesar pembebasan glukosa, tersedianya asam lemak bebas, oksidasi asam amino dan pembentukan benda keton. Adiposit melepaskan asam lemak bebas sebagai tanggapan terhadap glukagon. Meskipun sebagian besar pengaruh glukagon terjadi di hati, pengaruh glukagon yang terbatas ini sudah cukup untuk menjadi kaunter balans terhadap insulin. Inaktivasi glukagon terjadi karena degradasi oleh enzim.

5) Kelenjar pineal

Bentuk dan fungsi. Organ ini (korpus pinale) merupakan evaginasi dorsal atap diensefalon. Sampai sekarang fungsinya belum jelas diketahui. Pada vertebrata rendah organ ini berfungsi sebagai fotoreseptor dan sering disebut sebagai mata ketiga atau mata pineal. Informasi dari sistem optik masuk ke otak tengah, dari sana ke regio torasik medula spinalis. Saraf simpatis membawa informasi ke bagian apex korpus pineale. Melatonin dan serotonin merupakan produk sekretorik bangunan ini. Dengan stimulus cahaya yang terus menerus, aktivitas pineal menurun, pada saat yang sama produksi melatonin menurun dan aktivitas gonadal bertambah. Tumor korpus pineale menyebabkan pubertas terhambat. Namun tidak jelas apakah korpus pineale mengantarkan pengaruhnya melalui hipotalamus (faktor pelepas) atau pars distalis, ataukah secara langsung ke gonadal. Kelenjar ini mungkin jam biologik yang mengatur ritme sirkadian berkembang dengan siklus estrus dan sifat-sifat birahi musim beberapa spesies. Struktur. Organ ini dibungkus jaringan ikat piamater. Elemen-elemen jaringan ikat membentuk septasi dan lobulasi. Komponen seluler utama berupa astrosit dan pinealosit (sel epiteloid). Sel-sel jaringan ikat (sel plasma, fibroblas, sel mast, makrofag) juga sering ditemukan. Pinealosit (sel prinsipal) besar, inti bulat dan besar, sitoplasma asidofil. Astrosit berada diantara vasa darah dan pinealosit. Sering disebut sel literstisial. Korpus pineale punya konkresi disebut korpora arenasea (aservuli, pasir otak, benda psamona), bersifat glial atau stromal, punya

struktur kristal hidroksipalat. Meskipun cenderung bertambah dengan meningkatnya umur, bertambahnya bangunan ini tidak ada hubungannya dengan aktivitas pineal yang menurun.

6) Kelenjar gonad

Hormon gonadotropin menghasilkan 2 hormon yaitu :

a) Follicle-stimulating hormone. Hormon ini (FSH) dihasilkan oleh gonadotrop. Dia bertanggung jawab pada pertambahan dan perkembangan folikel ovarium dan mengaktifkan testes menghasilkan spermatozoa.

b) Luteinizing hormone. Hormone ini (LH) juga dihasilkan oleh gonadotrop, mendorong konversi folikel yang sudah pecah menjadi corpora lutea. Kombinasi aktivitas FSH dan LH bertanggung jawab pada pemasakan ova, ovulasi dan perkembangan korpus luteum. Pada jantan LH juga disebut ICSH (interstitial cell stimulating hormone). Dia menstimulasi sekresi testosteron oleh sel-sel interstisial testis / sel Leydig.

7) Hipotalamus terletak dibawah bagian depan otak. Karena berfungsi sebagai penghubung antara endokrin dan system saraf. Sel-sel saraf memicu sekresi hormon yang mengontrol kelenjar pituitari. Hipotalamus melepaskan hormone dan menghambat hormone melalui arteri hypophyseal. Hormon pengikat reseptor spesifik pada hipofisis anterior untuk memicu pelepasan hormon yang terkait (misalnya, tiroid releasing hormone dari hipotalamus memicu pelepasan thyroid stimulating hormone oleh hipofisis anterior).

b. Hormon reproduksi

Hormon reproduksi merupakan molekul steroid derivat dari kolesterol. Hormon reproduksi berada di sitoplasma bergabung dengan protein reseptor spesifik. Hormon ini terikat secara kompetitif membentuk kompleks Hormon-reseptor. Kompleks pengikatan hormon reproduksi-reseptor berperan sebagai pengatur pembentukan protein dan enzim sistem reproduksi. Kompleks Hormon reseptor- reseptor masuk ke inti dan terikat pada kromatin (reversibel) DNA yang selanjutnya sebagai bahan untuk membuat mRNA pada sintesis protein atau enzim sistem reproduksi. Hormon reproduksi pada konsentrasi tinggi bekerja langsung melalui aktivitas enzim-enzim yang ada di membran sel-sel target

Hormon-hormon reproduksi disebut juga hormon adrenal kortikosteroid C-19. Androgen primer di adrenal meliputi dehidroepiandrosteron, androstenedion dan testosteron. Efek anabolik terjadi retensi N, P, K, Na dan Cl.

Selain hormon steroid, terdapat pula hormon gonadotropin yang mekanisme kerjanya dipengaruhi oleh poros hipotalamus-hipofisis, secara struktural merupakan golongan glikoprotein, meliputi TSH, LH, FSH dan hCG.

RANGKUMAN

Bab ini membahas sistem neuroendokrin, yaitu interaksi antara sistem saraf dan endokrin dalam mengatur fungsi tubuh, termasuk reproduksi. Beberapa hormon utama yang dibahas meliputi hormon tiroid, hormon paratiroid, hormon adrenal, dan hormon pankreas. Hormon-hormon ini berperan dalam metabolisme, pertumbuhan, serta keseimbangan elektrolit dan glukosa dalam tubuh.

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Hormon yang berperan dalam mengatur keseimbangan kalsium dalam tubuh adalah

...

- a. Insulin
- b. Parathormon
- c. Glukagon
- d. Oksitosin
- e. Progeteron

2. Hormon yang diproduksi oleh hipotalamus dan berperan dalam mengatur pelepasan hormon lainnya dari kelenjar hipofisis adalah ...

- a. Progesteron
- b. Testosteron
- c. TRH (Thyrotropin-releasing hormone)
- d. Prolaktin
- e. Oksitosin

3. Kelenjar yang menghasilkan hormon insulin dan glukagon adalah ...

- a. Tiroid
- b. Paratiroid
- c. Pankreas
- d. Adrenal
- e. Limfe

4. Hormon yang bertanggung jawab terhadap perkembangan karakteristik seksual sekunder pada pria adalah ...

- a. Estrogen
- b. Progesteron
- c. Testosteron
- d. Oksitosin
- e. Prolaktin

5. Jika seseorang mengalami gangguan produksi hormon tiroksin, kemungkinan besar kelenjar yang bermasalah adalah ...

- a. Hipofisis
- b. Tiroid
- c. Adrenal
- d. Pankreas

BAB IV FERTILISASI DAN NIDASI

Tujuan pembelajaran :

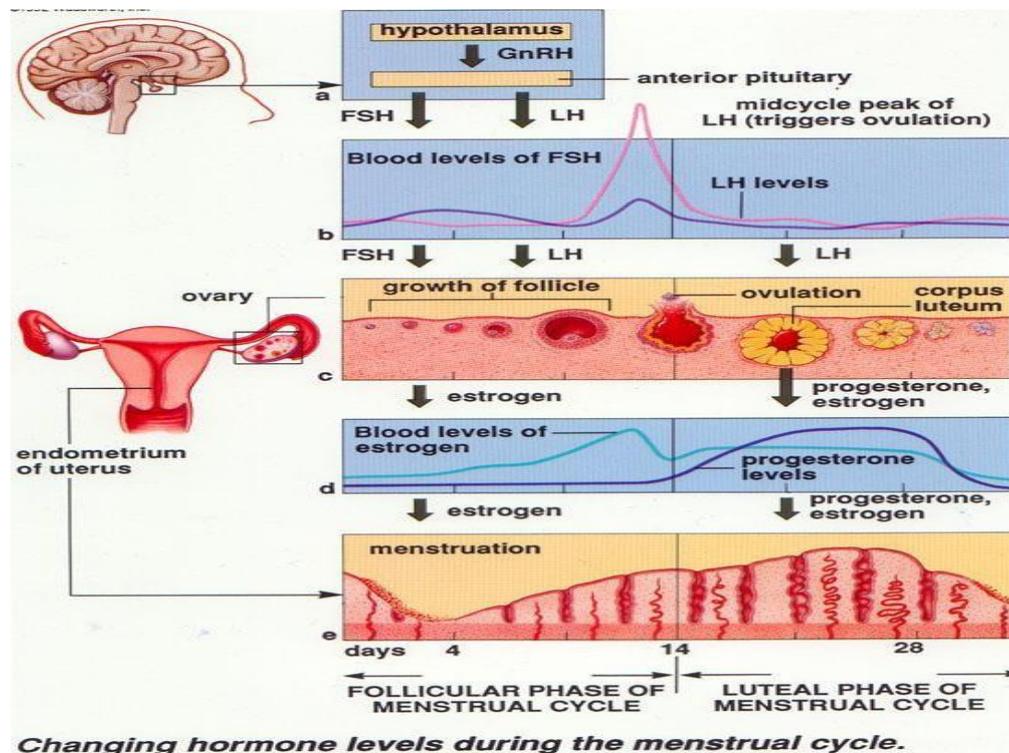
Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

a. Menjelaskan tentang siklus haid

b. Menjelaskan proses fertilisasi

c. Menjelaskan proses nidasi

1. Siklus haid



Gambar 4.1 Siklus menstruasi

Siklus haid wanita diatur oleh sistem neuro-endokrin hipotalamus-hipofisis-ovarium. Suatu osilator neuronal di hipotalamus secara periodik akan menginduksi pengeluaran *gonadotropin-releasing hormone* (GnRH, hormon pemicu gonadotropin) ke pembuluh portal hipotalamus-hipofisis yang akan merangsang gonadotropin dan mensekresikan *luteinizing hormone* (LH) dan *follicle stimulating hormone* (FSH) dari hipofisis anterior. Kedua hormon ini menyebabkan

pertumbuhan dan pematangan folikel graaf ovarium, dan juga produksi estrogen dan progesteron. Bila kedua hormon terakhir ini kadarnya meningkat, akan menghambat sekresi hormone hipotalamus dan hipofisis (reaksi umpan balik negatif).

Karena sekresi GnRH berlangsung secara intermiten, maka sekresi LH dan FSH juga bersifat pulsatif, sesuai dengan pulsasi sekresi GnRH yang diatur sistim neuronal hipotalamus. Sekresi pulsatif ini penting untuk mempertahankan siklus haid ovulatoar yang normal, karena pemberian infus GnRH terus menerus justru dapat menyebabkan sekresi LH dan FSH terhenti, produksi estradiol dan progesteron menurun hingga timbul amenorea. Secara neuroanatomy , penggerak (generator) neuronal yang mengatur sekresi pulsatif ini berada di nukleus arkuata hipotalamus, bagian otak yang paling banyak mengandung neuron GnRH . aktifitas generator ini tidak dipengaruhi oleh rangsangan saraf aferen dari bagian otak lain. Jumlah sel di hipotalamus yang mengandung GnRH relatif sedikit dan tidak menunjukkan adanya *GnRH net work*. Hampir seluruh sel-sel GnRH tidak mempunyai reseptor estrogen ataupun progesteron, tetapi dapat menerima rangsang dari sinaps neuron opioid, katekolamin dan GABA yang kemudian dapat mempengaruhi reseptor steroid di ovarium. Sebelum pubertas generator GnRH tersebut tidak berfungsi , tidak ada sekresi gonadotropin sehingga tidak terjadi siklus haid. Belum diketahui bagaimana mekanisme yang dapat menyebabkan mulai berfungsinya generator pada masa pubertas.

Jumlah LH dalam satu pulsasi sangat ditentukan oleh efek estrogen dan progesteron, sedangkan frekuensinya hanya di tentukan oleh progesteron. Adanya efek umpan balik negatif steroid bersama dengan aktifitas instrinsik generator GnRH di hipotalamus, menyebabkan meningkatnya pulsasi LH secara relatif dengan amplitudo kecil pada fase folikuler, dan frekuensi pulsasi dengan amplitudo yang tinggi berkurang pada fase luteal.

Pada wanita masa reproduksi, kadar puncak LH dipertengahan siklus (*midcycle*) menyebabkan ruptur folikel dan ovulasi terjadi 1-2 hari kemudian. Folikel ruptur ini akan menjadi korpus luteum yang di bawah pengaruh LH akan memproduksi sejumlah besar progesteron dan estrogen pada fase luteal. Bila tidak ada kehamilan beberapa hari kemudian korpus luteum tidak berfungsi, estrogen dan

progesteron akan sangat menurun, terjadilah perdarahan haid. Jadi fase luteal siklus haid berlangsung sekitar 14 hari sesuai dengan masa hidup korpus luteum. Bila kadar steroid sangat menurun, generator bekerja sedemikian rupa hingga gonadotropin mulai disekresikan lagi dan akan terjadi fase poliferasi sebagai awal siklus yang baru. Meningkatnya LH pada fase luteal akan mempengaruhi frekuensi dan amplitudo pulsasi sekresi LH. Progesteron secara langsung menurunkan frekuensi pulsasi aktifitas generator di hipotalamus dan frekuensi pulsasi sekresi LH juga menurun. Hormon ini juga mempunyai efek langsung pada hipofisis untuk melawan efek inhibisi estrogen dan karenanya jumlah sekresi LH akan meningkat.

Tindakan ovariectomi atau terhentinya fungsi ovarium pada masa pascamenopause menyebabkan produksi FSH dan LH berlebihan dan diekskresi melalui urin. Karenanya pengukuran kadar LH diurin atau plasma, secara klinis berguna untuk menilai fungsi hipofisis dan mengetahui efektifitas dosis terapi *estrogen replacement therapy* (ERT), dimana umumnya kadar LH akan menurun. Umumnya begitu ERT mulai diberikan, FSH menurun dan tidak akan kembali ke kadar normal, akibat adanya produksi inhibin dari ovarium. Karenanya pengukuran kadar FSH untuk memonitor efektifitas ERT secara klinis tidak berguna.

Pada siklus ovarium, sejumlah folikel primordial mulai tumbuh, tetapi biasanya hanya satu yang mencapai pematangan penuh, dan hanya satu oosit yang dikeluarkan saat ovulasi. Saat ovulasi, oosit berada dalam tahap metafase pembelahan meiotik ke dua dan dikelilingi oleh zona pelusida dan beberapa sel granulosa. Gerakan menyapu dari fimbriae tuba membawa oosit kedalam tuba uterina.

Sebelum dapat membuahi oosit, spermatozoa harus menjalani (a) kapasitasi yaitu saat selubung glikoprotein dan protein plasma semen dikeluarkan dari kepala spermatozoa, (b) reaksi akrosom, yaitu saat bahan mirip akrosin dan triksin dikeluarkan untuk menembus zona pelusida. Suatu pembuahan, spermatozoa harus menembus (a) korona radiata, (b) zona pelusida, dan (c) membran sel oosit. Segera setelah spermatozoa masuk oosit, (a) oosit menuntaskan pembelahan meiotik keduanya dan membentuk pronukleus wanita : (b) zona pelusida menjadi tidak dapat

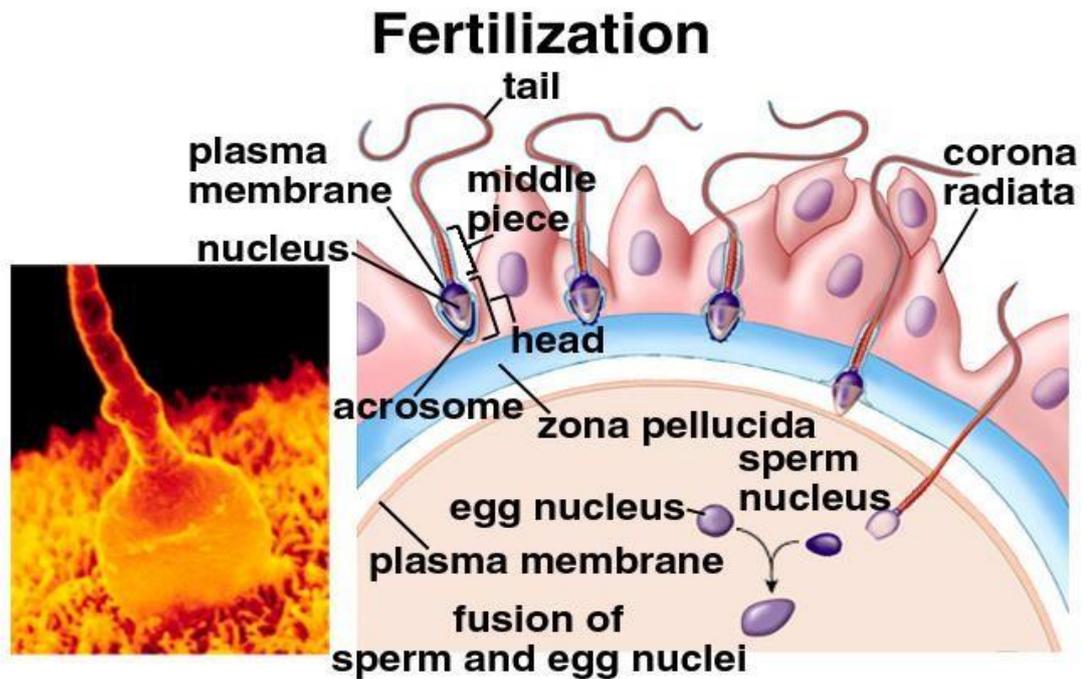
ditembus oleh spermatozoa lain dan (c) kepala sperma terpisah dari ekornya, membengkak, dan membentuk pronukleus pria. Setelah kedua pronukleus mereplikasi DNA mereka, kromosom ayah dan ibu saling bercampur, memisah secara longitudinal, dan menjalani pembelahan mitotik, menghasilkan stadium dua sel. Hasil pembuahan adalah (a) pemulihan jumlah diploid kromosom, (b) penentuan jenis kelamin kromosomal, dan (c) inisiasi pembelahan .

Pembelahan (cleavage) adalah serangkaian pembelahan mitotik yang menyebabkan bertambahnya jumlah sel, blastomer yang menjadi semakin kecil pada setiap pembelahan. Setelah 3 kali pembelahan , blastomer mengalami pepadatan (compaction) untuk menjadi gulungan sel yang terkemas rapat dengan lapisan bagian dalam dan bagian luar . blastomer yang telah padat ini membelah untuk menghasilkan morula 16 sel. Sewaktu morula masuk ke uterus pada hari ke 3 atau ke 4 pembuahan, mulailah terbentuk suatu rongga dan terbentuk blastokista. Massa sel dalam, yang terbentuk pada saat pepadatan dan akan berkembang menjadi mudigah sejati, terletak disalah satu kutub blastokista. Massa sel luar yang mengelilingi massa sel dalam dan rongga blastokista akan membentuk trofoblas.

Uterus saat implantasi berada dalam fase sekretorik, dan blastokista tertanam di endometrium di sepanjang dinding anterior atau posterior. Jika terjadi pembuahan, maka sel telur yang telah dibuahi oleh sperma akan mengalami pembelahan dan tumbuh menjadi bakal janin (embrio). Gerakan sperma di dalam rongga uterus dan tuba disebabkan oleh kontraksi otot-otot pada organ tersebut.

2. Fertilisasi

Pembuahan atau fertilisasi (singami) adalah peleburan dua gamet yang dapat berupa nukleus atau sel-sel bernukleus untuk membentuk sel tunggal (zigot) atau peleburan nukleus

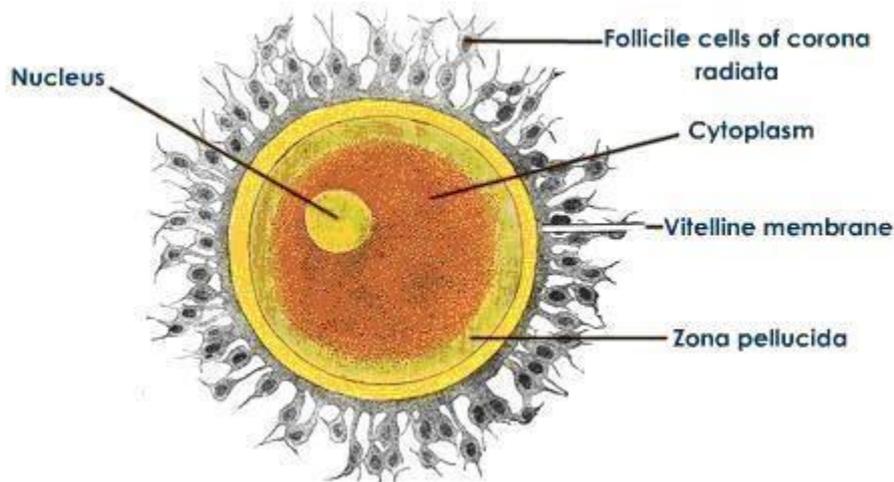


Gambar 4.2 fertilisasi

a. Proses fertilisasi

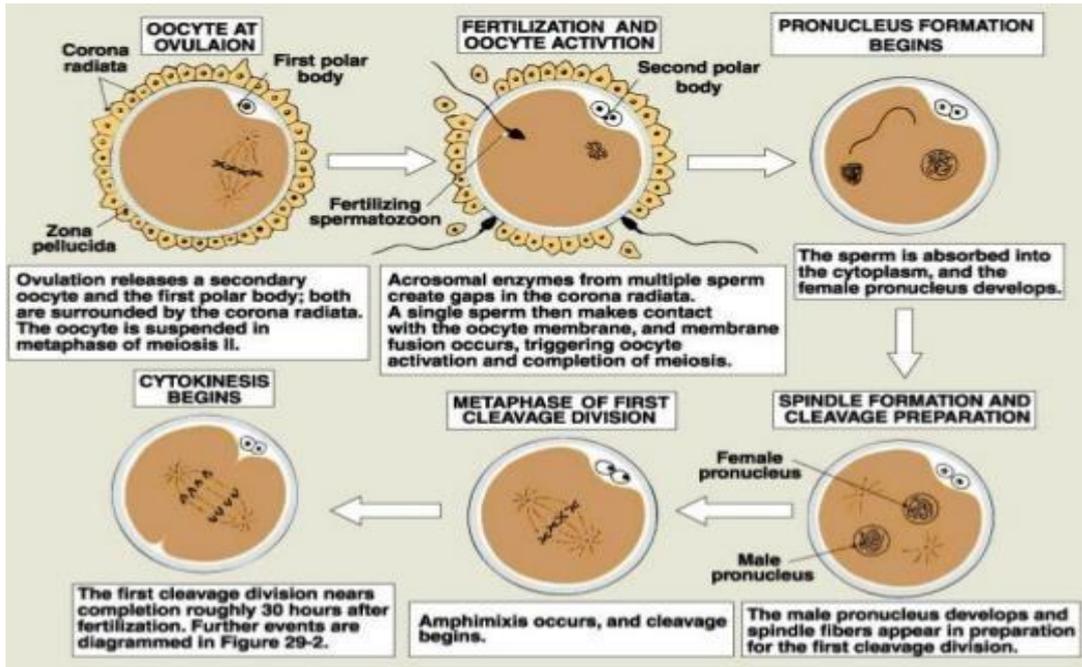
Peristiwa fertilisasi terjadi di saat sel spermatozoa dilepaskan dan dapat membuahi ovum di ampula tuba fallopii. Sebanyak 300 juta spermatozoa diejakulasikan ke dalam saluran genital wanita. Sekitar 1 juta yang dapat berenang melalui serviks, ratusan yang dapat mencapai tuba fallopi dan hanya 1 yang dapat membuahi sel telur. Sel spermatozoa mempunyai rentang hidup sekitar 48 jam (Cambridge, 1998). Sebelum membuahi sel telur, spermatozoa harus melewati tahap kapasitas dan reksi akrosom terlebih dahulu. Kapasitas merupakan suatu masa penyesuaian di dalam saluran reproduksi wanita, berlangsung sekitar 7 jam. Selama itu suatu selubung glikoprotein dari plasma semen dibuang dari selaput plasma yang

membungkus daerah akrosom spermatozoa. Sedangkan reaksi akrosom terjadi setelah penempelan spermatozoa ke zona pelusida. Reaksi tersebut membuat pelepasan enzim-enzim yang diperlukan untuk menembus zona pelusida yang terdapat pada akrosom (Sadler, 1996) Oosit (ovum) akan mencapai tuba satu jam lebih setelah diovulasikan. Ovum ini dikelilingi oleh korona dari sel-sel kecil dan zona pelusida yang nantinya akan menyaring sel spermatozoa yang ada sehingga hanya satu sel yang dapat menembus ovum.



Gambar 4.3 struktur ovum

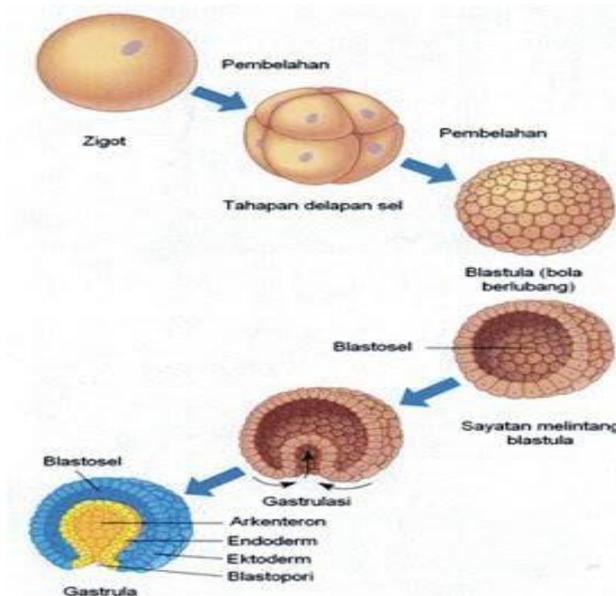
Setelah spermatozoa **menembus** ovum, ia akan menggabungkan material intinya dan menyimpan komplemen kromosom ganda yang lazim. Kromosom ini mengandung semua informasi genetic yang nantinya akan diturunkan kepada keturunannya
Sel telur yang telah dibuahi akan membentuk zigot yang terus membelah secara mitosis menjadi dua, empat, delapan, enam belas dan seterusnya



Gambar 4.4 proses fertilisasi

b. Pembelahan sel zygote

Fase fertilisasi adalah pertemuan antara sel sperma dengan sel ovum dan akan menghasilkan zygote. Zygote akan melakukan pembelahan sel (cleavage). Zigot selanjutnya mengalami pertumbuhan dan perkembangan melalui tahap-tahap yaitu pembelahan, gastrulasi, dan organogenesis



Gambar 4.5 cleavage

Cleavage adalah pembelahan zygote secara cepat menjadi unit-unit yang lebih kecil yang disebut blastomer. Stadium cleavage merupakan rangkaian mitosis yang berlangsung berturut-turut segera setelah terjadi pembuahan yang menghasilkan morula dan blastomer



Gambar 4.6 pembelahan sel zygote

Proses awal pembelahan Embrio pada manusia, berlangsung seiring dengan perangkat-perangkat pelekatan dari embrio kepada dinding uterus induknya. Telur manusia pada umumnya tidak memiliki yolk, dibuahi disaluran telur sewaktu bergerak ke arah uterus dan pembelahan-pembelahan awalnya berlangsung kurang dari 24 jam. Pembelahannya adalah meridional tidak ekuwal. Pembelahan berikutnya agak tidak teratur, tetapi dengan cepat membentuk suatu bola padat berisi sel, yang disebut morulla.

Zigot membelah berulang kali sampai terdiri dari berpuluh sel kecil, yang disebut blastomer. Pembelahan itu bisa meliputi seluruh bagian, bisa pula hanya pada sebagian kecil zigot. Pembelahan ini terjadi secara mitosis, meskipun terkadang juga diikuti pembelahan inti yang terus menerus tanpa diikuti sitoplasma. Bidang pembelahan yang ditempuh oleh arah pembelahan ketika zigot mengalami mitosis terus menerus menjadi banyak sel, disebut bidang pembelahan. Ada 4 macam pembelahan, yaitu :

- Meridian, melewati poros kutub animal dan vegetal.
- Vertikal, lewat tegak sejak dari kutub animal sampai vegetal tidak melewati poros kutub animal dan vegetal.
- Ekuator, tegak lurus terhadap poros kutub animal vegetal dan di pertengahan antara kedua kutub.

- Latitudinal, sejajar dengan bidang ekuator

pada manusia pembelahan terjadi secara holobastik tidak teratur. Dimana bidang dan waktu tahap-tahap pembelahan tidak sama dan tidak serentak pada berbagai daerah zigot. Awalnya zigot membelah menjadi 2 sel, kemudian terjadi tingkat 3 sel, kemudian tingkat 4 sel, diteruskan tingkat 5 sel, 6 sel, 7 sel, 8 sel, dan terus menerus hingga terbentuk blastomer yang terdiri dari 60-70 sel, berupa gumpalan massif yang disebut morula

c. Tahap – tahap pembelahan sel

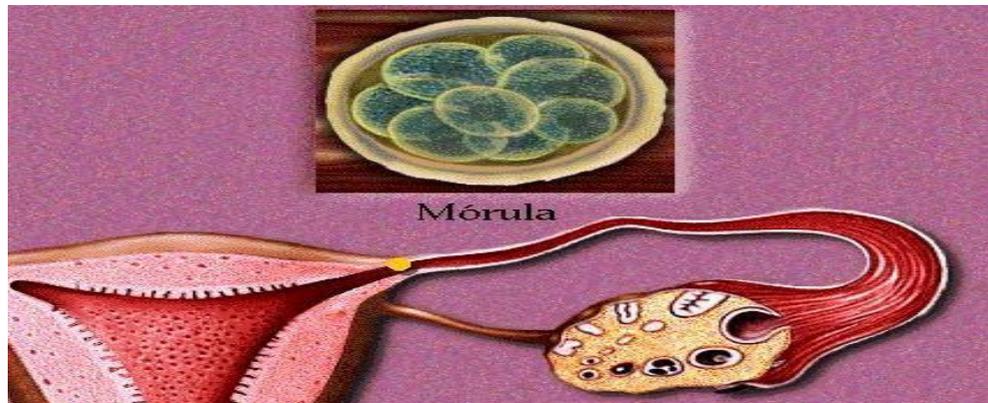
1) Stadium morulla

Morula adalah suatu bentukan sel seperti bola (bulat) akibat pembelahan sel terus menerus. Morula merupakan pembelahan sel yang terjadi setelah sel berjumlah 32 sel dan berakhir bila sel sudah menghasilkan sejumlah blastomer yang berukuran sama akan tetapi ukurannya lebih kecil. Sel tersebut memadat untuk menjadi blastodisk kecil yang membentuk dua lapisan sel. Pada saat ini ukuran sel mulai beragam. Sel membelah secara melintang dan mulai membentuk formasi lapisan kedua secara samar pada kutub animal. Stadium morula berakhir apabila pembelahan sel sudah menghasilkan blastomer. Blastomer kemudian memadat menjadi blastodisk kecil membentuk dua lapis sel

Pada akhir pembelahan akan dihasilkan dua kelompok sel. Pertama kelompok sel-sel utama (blastoderm), yang meliputi sel-sel formatik atau gumpalan sel-sel dalam (inner mass cells), fungsinya membentuk tubuh embrio. Kedua adalah kelompok sel-sel pelengkap, yang meliputi trophoblast, periblast, dan auxiliary cells. Fungsinya melindungi dan menghubungkan antara embryo dengan induk atau lingkungan luas

Trophoblast melekat pada dinding uterus. Sel-selnya memperbanyak diri dengan cepat dan memasuki epitelium uterus pada tahap awal implantasi. Setelah 9 hari, seluruh blastokista tertahan dalam dinding uterus. Sewaktu ini berlangsung, sel-sel yang berada disebelah bawah dari masa sel dalam menyusun diri menjadi suatu lapisan yang disebut endoderm primer yang akan membentuk saluran pencernaan makanan. Sel-sel sisa dari masa sel dalam memipih membentuk suatu keping yaitu keping embrio. Antara keping embrio

dantropoblast yang menutupi timbulnya suatu rongga (rongga amnion) berisi cairan. Dinding rongga yaitu amnion, menyebar mengelilingi embrio dan dikelilingi bantalan yaitu cairan amnion.

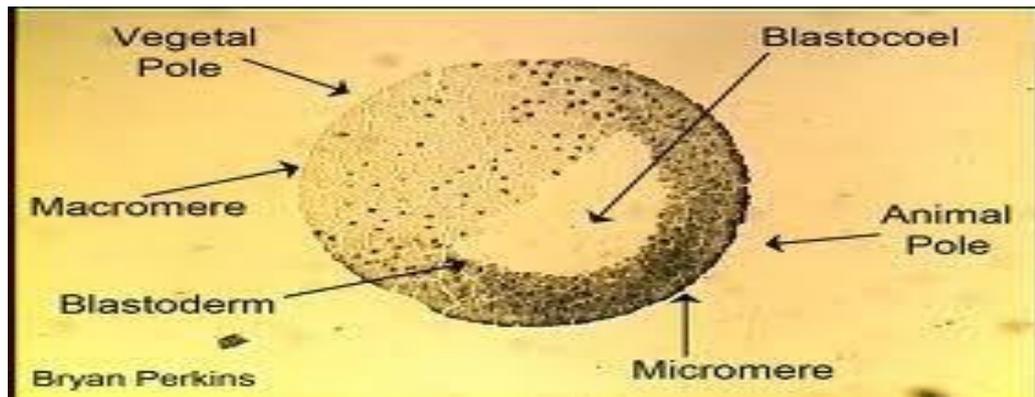


Gambar 4.7 sel morula

2) Stadium blastula

Blastulasi adalah proses yang menghasilkan blastula yaitu campuran sel-sel blastoderm yang membentuk rongga penuh cairan sebagai blastocoel. Pada akhir blastulasi, sel-sel blastoderm akan terdiri dari neural, epidermal, notochordal, mesodermal, dan endodermal yang merupakan bakal pembentuk organ-organ. Dicirikan dua lapisan yang sangat nyata dari sel-sel datar membentuk blastocoel dan blastodisk berada di lubang vegetal berpindah menutupi sebagian besar kuning telur. Pada blastula sudah terdapat daerah yang berdiferensiasi membentuk organ-organ tertentu seperti sel saluran pencernaan, notochord syaraf eksoderm, ectoderm, mesoderm, dan endoderm.

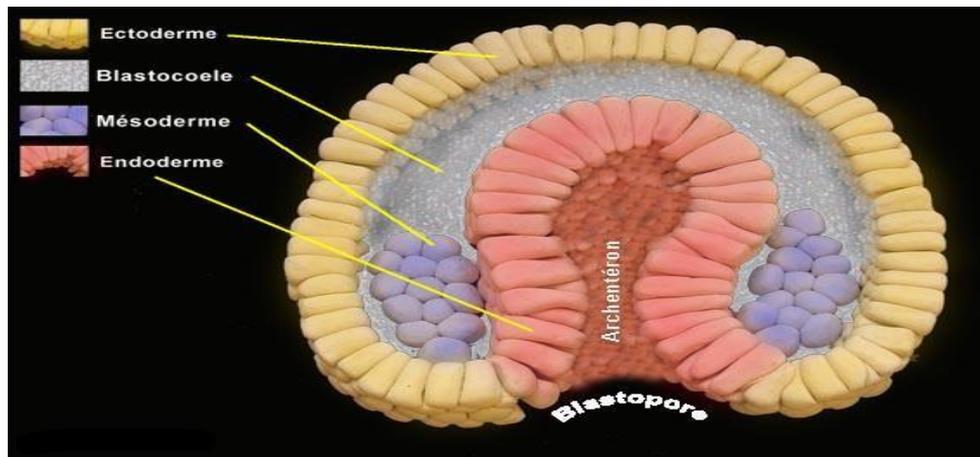
Pada manusia, hasil pembelahan berbentuk suatu bola padat (morulla). Lapisan luar dari blastula ini membentuk lapisan yang mengelilingi embrio sebenarnya, sedangkan embrio dibentuk dari bagian morulla (inner cells mass atau masa sel dalam). Lapisan luar (tropoblast) pada satu sisi masa sel dalam melepaskan diri, membentuk suatu bentuk yang mirip suatu blastula dan struktur ini disebut sebagai blastokista embrio akan menempel dan menetap pada dinding uterus untuk periode waktu tertentu, ditempat dimana embrio akan mendapatkan makanan sampai dilahirkan



Gambar 4.8 sel blastula

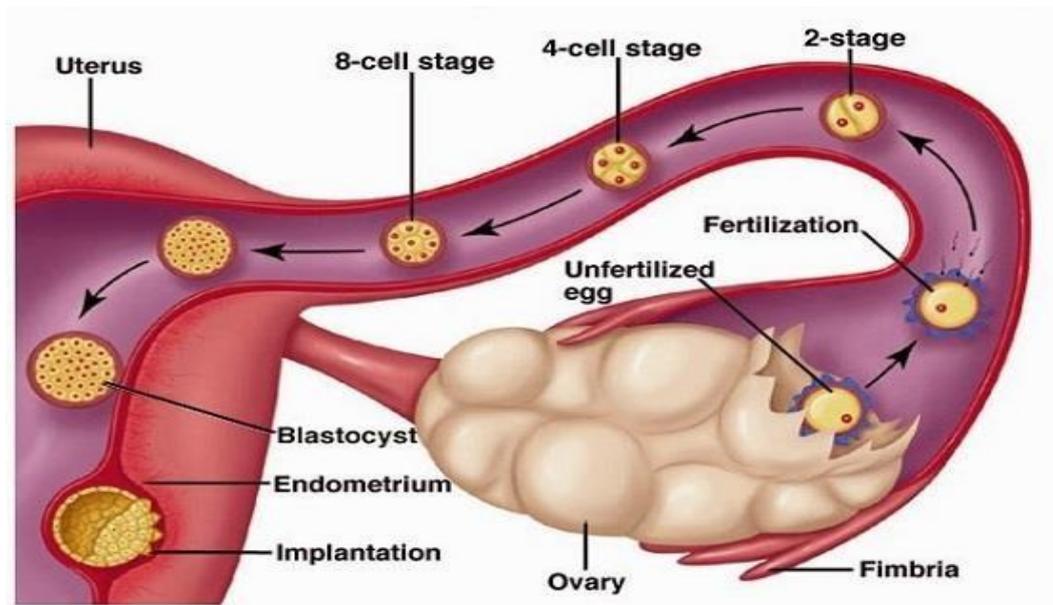
3) Stadium gastrula

Gastrula adalah bentukan lanjutan dari blastula yang pelekukan tubuhnya sudah semakin nyata dan mempunyai lapisan dinding tubuh embrio serta rongga tubuh.



Gambar 4.9 sel gastrula

Dan adapun urutan peristiwa pembelahan sel yang dimaksud adalah sebagai berikut :



Gambar 4.10 perkembangan pembelahan sel

3. Implantasi / Nidasi

a. Pengertian implantasi / nidasi

Implantasi atau disebut juga dengan nidasi merupakan proses tertanamnya embrio yang merupakan hasil dari konsepsi, ke dinding uterus (endometrium) untuk selanjutnya mengalami perkembangan. Implantasi biasanya terjadi pada hari ke-5 sampai hari ke-8 dari perkembangan embrio.

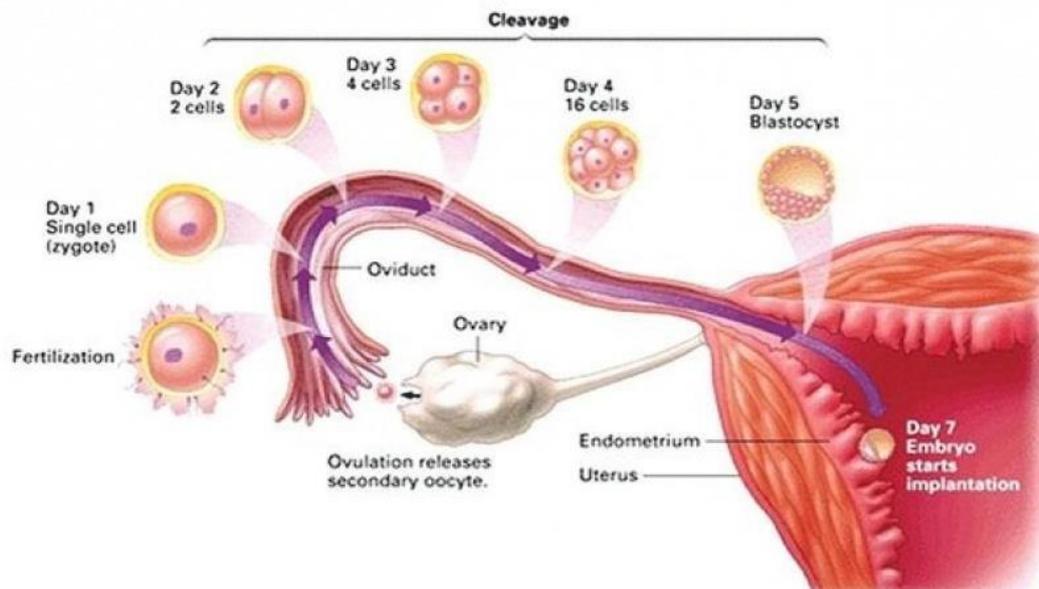
Menjelang terjadi implantasi, zona pelusida lenyap dengan jalan lisis. Sebelum implantasi, cairan blastosul mengandung banyak ion kalium dan bikarbonat. Bahan ini berasal dari cairan rahim. Setelah terjadi implantasi, jumlah kalium dan bikarbonat berkurang, sehingga sama dengan kadar yang terdapat di dalam serum induk.

b. Proses implantasi

Proses implantasi terjadi setelah melalui proses fertilisasi dan proses cleavage (pembelahan). Tepat saat berbentuk morula (mengalami pembelahan menjadi 32 sel), embrio mulai memasuki uterus. Proses pembelahan masih tetap terjadi. Ketika akan mengalami implantasi, embrio yang berupa blastosit.

Pertama, zona pellucida akan terlepas sebagai aktivitas dari enzim proteolitik dari cairan uterus disebut proses hatching. Lalu bagian dari blastosit, yaitu tropoblast

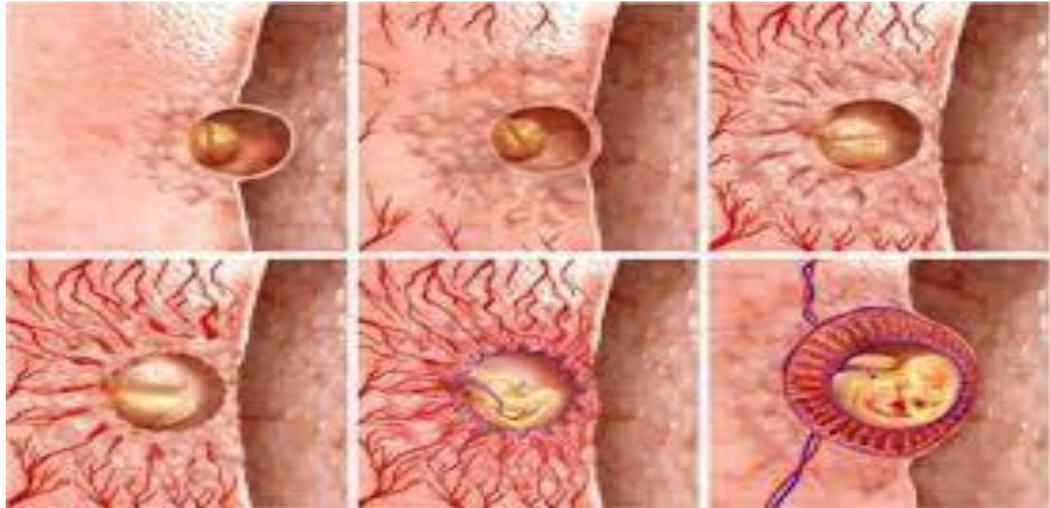
akan menempel pada endometrium dan berkembang menjadi plasenta yang berfungsi sebagai penyuplai zat-zat makanan kepada fetus.



Gambar 4.11 proses implantasi / nidasi

Saat berkontak dengan endometrium, sel tropoblas melepaskan enzim pencerna protein, memungkinkan sel-sel tropoblas melakukan penetrasi ke dalam endometrium. Selain membuat lubang yang penting untuk implantasi, pemecahan dinding endometrium yang kaya nutrisi juga penting untuk sumber bahan bakar dan bahan baku metabolisme. Selanjutnya, membran plasma tropoblas tersebut berdegenerasi membentuk sinsitium yang multinukleat yang nantinya menjadi plasenta bagian fetal.

Jaringan endometrium yang mengalami modifikasi pada tempat implantasi disebut desidua. Melalui respon terhadap caraka kimia yang dilepaskan oleh blastokis, sel endometrial mensekresikan prostaglandin yang secara lokal menyebabkan peningkatan vaskularisasi, edema dan peningkatan penyimpanan nutrisi. Saat implantasi selesai, seluruh blastokis terbenam ke dalam endometrium dan sel tropoblas terus mencerna sel desidua disekitarnya untuk menyediakan energi bagi embrio sampai plasenta terbentuk



Gambar 4. 12 jaringan endometrium

Endometrium sekitar hasil implantasi akan kembali pulih sehingga seluruh hasil implantasi tertanam dalam endometrium. Bersama dengan invasi embrio ke jaringan induk, sel trofoblas kemudian ber diferensiasi menjadi 2 jenis sel, yaitu :

- 1) Sel sinsitiotrofoblas adalah sel berukuran besar dan multinuklear yang berkembang dari lapisan sitotrofoblas. Sel ini aktif mengeluarkan hormon plasenta dan mentransfer zat makanan dari induk ke janin.
- 2) Sekelompok sel sitotrofoblas memiliki sifat invasif, melewati stroma endometrium untuk mencapai pembuluh darah induk, termasuk arteri spiralis endometrium.

RANGKUMAN

Fertilisasi dan Nidasi

Bab ini membahas siklus haid, proses fertilisasi, dan nidasi (implantasi embrio di dalam rahim). Siklus haid dikendalikan oleh hormon-hormon dari sistem hipotalamus-hipofisis-ovarium yang mempengaruhi pertumbuhan dan pematangan folikel ovarium. Fertilisasi terjadi ketika sperma bertemu dengan sel telur di tuba falopi, menghasilkan zigot. Proses nidasi melibatkan implantasi blastokis ke dalam endometrium rahim, yang didukung oleh perubahan hormon untuk mendukung kehamilan.

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Hormon yang berperan penting dalam pematangan folikel ovarium dan ovulasi adalah ...

- a. Oksitosin
- b. Prolaktin
- c. FSH dan LH
- d. Estrogen
- e. Progesteron

2. Pada proses fertilisasi, enzim yang membantu sperma menembus zona pelusida ovum adalah ...

- a. Amilase
- b. Hialuronidase
- c. Pepsin
- d. Tripsin
- e. Tipsin dan Pepsin

3. Setelah fertilisasi, zigot akan mengalami pembelahan dan membentuk morula saat mencapai jumlah sel ...

- a. 2 sel
- b. 8 sel
- c. 16 sel
- d. 32 sel
- e. 34 sel

4. Implantasi terjadi saat embrio berada dalam fase ...

- a. Zigot
- b. Morula
- c. Blastokista
- d. Gastrula
- e. Embrio

5. Struktur yang akan berkembang menjadi plasenta dan berfungsi memberikan nutrisi pada embrio adalah ...

- a. Endometrium
- b. Tropoblas
- c. Amnion
- d. Korpus luteum
- e. Miometrium

BAB V

ADAPTASI MATERNAL PADA KEHAMILAN

Tujuan pembelajaran :

Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

- a. Menjelaskan adaptasi maternal pada kehamilan
1. Adaptasi maternal pada kehamilan
 - a. Pengertian

Adaptasi maternal merupakan akibat kerja hormon kehamilan dan tekanan mekanis akibat membesarnya uterus dan jaringan lainnya. Adaptasi ini melindungi fungsi fisiologi normal seorang wanita, memenuhi tuntutan metabolik kehamilan tubuh wanita dan menyediakan kebutuhan untuk perkembangan dan pertumbuhan janin (Anita Lockhart dan Lyndon Saputra, 2010)

Kehamilan menyebabkan perubahan umum, seluruh sistem tubuh wanita hamil akibat meningkatnya hormonal yang dikeluarkan oleh plasenta (Manuaba, 2008).

Kesejahteraan fisiologis yang optimal dalam kehamilan merupakan sasaran utama asuhan kebidanan untuk penyesuaian psikologis yang sehat terhadap kehamilan. Faktor yang berperan dalam adaptasi kehamilan antara lain lingkungan sosial, dukungan sosial, perawatan profesional karakteristik personal, serta proses psikologis yang disadari dan tidak disadari (Manuaba, 2008)

- b. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adaptasi Maternal Selama Kehamilan

Menurut Asrinah dkk (2010), kehamilan mengalami perubahan bentuk tubuh dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

- 1) Faktor fisik dipengaruhi oleh status kesehatan, gizi dan gaya hidup.
- 2) Faktor psikologis meliputi stresor internal, stresor eksternal dukungan keluarga substance Abuse (Kekerasan yang dialami ibu hamil dimasa kecil), dan partner Abuse (Keoban kekerasan yang dialami pasangannya).
- 3) Faktor lingkungan sosial, budaya serta ekonomi dipengaruhi adat istiadat, fasilitas kesehatan dan ekonomi.

- c. Perubahan fisiologi pada masa kehamilan

Menurut Prawirohwardjo (2010), pada perempuan hamil maka akan terjadi perubahan anatomi dan fisiologi, sebagian besar terjadi segera setelah fertilisasi dan terus berlanjut selama kehamilan. Adapun perubahan terjadi pada seluruh genitalia wanita mengalami perubahan yang mendasar sehingga menunjang perkembangan dan pertumbuhan janin dalam rahim. Plasenta dalam perkembangannya mengeluarkan hormon somatotropin, estrogen dan progesteron yang menyebabkan perubahan pada : rahim dan uterus, ovarium, vagina, payudara, sirkulasi darah ibu, sistem respirasi, sistem pencernaan, perubahan kulit, traktus digestivus, traktus urinarius, metabolisme

Adaptasi maternal dapat dijelaskan menurut penjelasannya menjadi adaptasi fisik dan adaptasi fisiologis.

1) Adaptasi fisik

Perubahan anatomi dan fisiologis pada perempuan hamil sebagian besar sudah terjadi segera setelah fertilisasi dan terus berlanjut selama kehamilan. Kebanyakan perubahan ini merupakan respons terhadap janin. Suatu hal yang menakjubkan adalah bahwa hampir semua perubahan ini akan kembali seperti keadaan sebelum hamil setelah proses persalinan dan menyusui selesai. Pemahaman tentang perubahan anatomi dan fisiologi selama kehamilan merupakan salah satu tujuan dari ilmu kebidanan. Hampir tidak mungkin dapat mengerti proses penyakit yang terjadi selama kehamilan dan masa nifas tanpa disertai pemahaman mengenai perubahan anatomi dan fisiologis ini (Prawirohardjo, 2010).

Perubahan Anatomi meliputi :

a) Perubahan pada alat reproduksi

(1) Uterus

Rahim yang semula besarnya sejempol atau beratnya 30 gram akan mengalami hipertrofi dan hiperplasia, sehingga menjadi seberat 1.000 gram saat akhir kehamilan, otot rahim mengalami hiperplasia dan hipertrofi menjadi lebih besar, lunak dan dapat mengikuti pembesaran rahim karena pertumbuhan janin

Pertumbuhan uterus pada trimester pertama terjadi sebagai respon terhadap rangsangan hormon yaitu hormon estrogen dan progesterone.

Pembesaran uterus terjadi disebabkan karena :

- (a) Meningkatnya dilatasi pembuluh darah dan vaskularisasi
- (b) Hiperplasia serabut-serabut otot dan jaringan fibroelastik
- (c) Perkembangan dari deciduas
Setelah bulan ketiga pembesaran uterus karena pertumbuhan fetus

Untuk menentukan tuanya kehamilan berdasarkan TFU, maka di pakai patokan sebagai berikut

- (a) Umur kehamilan 12 minggu : TFU 3 jari atas simfisis
- (b) Umur kehamilan 16 minggu : TFU pertengahan simfisis-pusat
- (c) Umur kehamilan 20 minggu : TFU 3 jari bawah pusat
- (d) Umur kehamilan 24 minggu : TFU setinggi pusat
- (e) Umur kehamilan 28 minggu : TFU 3 jari atas pusat
- (f) Umur kehamilan 32 minggu : TFU pertengahan pusat –prosesus sifoideus
- (g) Umur kehamilan 36 minggu : TFU 3 jari bawah prosesus sifoideus
- (h) Umur kehamilan 40 minggu : TFU pertengahan pusat-prasesus sifoideus.

Perubahan bentuk uterus pada trimester I seperti buah pir terbalik, semester II berubah seperti bola, dan trimester III berbentuk oval dan naik dari rongga pelvis ke rongga abdomen.

(2) Vulva / vagina

Vagina dan vulva mengalami perubahan akibat hormon estrogen. Adanya hipervaskularisasi mengakibatkan vagina dan vulva tampak lebih merah, agak kebiru-biruan (livide). Tanda ini disebut tanda Chadwick.

(3) Ovarium

Sejak kehamilan 16 minggu fungsi ovarium diambil alih oleh placenta, terutama fungsi memproduksi progesterone dan estrogen. Selama kehamilan ovarium tenang / beristirahat. Tidak terjadi pembentukan dan

pematangan folikel baru, tidak terjadi ovulasi, tidak terjadi siklus menstruasi.

(4) Servik

Akibat peningkatan vaskular serta perubahan pada jaringan ikat dibawah pengaruh estrogen, servik dalam kehamilan menjadi lunak. Terjadi sekresi kelenjar dan lendir servik menjadi kental sehingga dapat berperan sebagai pelindung yang menyumbat ostium uteri.

(5) Payudara

Payudara akan membesar dan tegang akibat hormon somatomammotropin,estrogen dan progesterone, akan tetapi belum mengeluarkan air susu. Papilla mamma akan membesar, lebih tegak dan tampak lebih hitam, seperti seluruh areola mamma karena hiperpigmentasi. Pada kehamilan 12 minggu ke atas keluar cairan berwarna putih agak jernih disebut colostrum . Namun proses laktasi dihambat sampai kelahiran karena adanya hormon estrogen dan progesterone selama hamil yang cukup tinggi karena diproduksi oleh placenta.

Perubahan payudara pada ibu hamil, yaitu:

- (a) Payudara menjadi lebih besar
- (b) Areola payudara makin hiperpigmentasi
- (c) Glandula Montgomery makin tampak
- (d) Puting susu makin menonjol
- (e) Pengeluaran ASI belum berlangsung karena prolaktin belum berfungsi
- (f) Setelah persalinan, hambatan prolaktin tidak ada sehingga produksi ASI dapat berlangsung

b) Perubahan pada perkemihan

Pada bulan-bulan pertama kehamilan kandung kencing tertekan oleh uterus yang mulai membesar, sehingga timbul sering kencing. Pada akhir

kehamilan, bila kepala janin mulai turun ke bawah, keluhan sering kencing akan timbul lagi karena kandung kencing mulai tertekan kembali. Dalam kehamilan ureter kanan dan kiri membesar karena pengaruh progesterone. Tetapi ureter kanan lebih besar dari ureter kiri akibat berubahnya posisi uterus ke kanan oleh kolon sigmoid.

Pada trimester II kandung kemih terdorong keluar dari rongga pelvis ke abdomen sehingga saluran uretra memanjang, juga hyperemia pada kandung kencing dan uretra sehingga mudah terjadi trauma dan berdarah. Dalam keadaan normal ginjal mereabsorpsi hampir seluruh glucosa dan zat nutrisi lainnya sehingga kemungkinan ditemukan glucosuria pada ibu hamil. Ibu hamil juga mengalami protein urine disebabkan peningkatan kebutuhan asam amino meningkat kadar urin protein + tidak menunjukkan kondisi patologis.

c) Perubahan pada pencernaan

- (1) Mulut, Selama hamil trimester I mengalami mual karena peningkatan HCG. Trimester II nafsu makan mulai naik.
- (2) Gusi, Mengalami hyperemia dan membengkak karena meningkatnya kadar estrogen
- (3) Gigi, Gigi pada wanita hamil memerlukan sekitar 1,2 gr kalsium dan kurang lebih sama dengan jumlah foster setiap hari selama kehamilan dan meningkat 0,4 gr untuk setiap elemen.
- (4) Motilitas Gastrointestinal, Selama kehamilan motilitas gastrointestinal mengalami penurunan akibat peningkatan hormon progesterone yang dapat menurunkan produksi motilin yaitu suatu peptide yang dapat menstimulasi pergerakan otot usus. Waktu transit makanan yang melewati gastrointestinal lebih lama/ melambat dibanding pada wanita tidak hamil. Hal tersebut menyebabkan peningkatan penyerapan air di usus besar sehingga sering sembelit dan resiko haemmorroid meningkat. Sedangkan peningkatan oestrogen menyebabkan menurunnya sekresi HCL lambung.
- (5) Kandung Empedu, Fungsi kandung empedu mengalami perubahan selama kehamilan karena hypotoni pada otot dinding kandung empedu. Waktu

pengosongan lebih lambat empedu mengalami penebalan akibat meningkatnya kadar progesterone tidak terjadi perubahan morfologi pada hati selama kehamilan normal, namun fungsi hati mengalami penurunan aktifitas serum alkali fosfatase mengalami gangguan yang mungkin disebabkan karena meningkatnya isoenzim alkalin fosfatase placenta. Penurunan kadar albumin atau globulin terjadi selama kehamilan merupakan suatu keadaan yang normal.

d) Perubahan pada musculoskeletal

Lordosis Progresif merupakan gambaran yang karakteristik pada kehamilan normal. Untuk mengkompensasi posisi anterior uterus yang membesar, lordosis menggeser pusat gravitasi ke belakang pada tungkai bawah. Terdapat peningkatan mobilitas sendi sakroiliaca, sakrocoksigeal, dan sendi pubis selama kehamilan, kemungkinan akibat perubahan hormonal. Mobilitas tersebut mungkin menyebabkan perubahan postur ibu, dan selanjutnya mengakibatkan rasa tidak nyaman dipunggung bagian bawah, terutama pada akhir kehamilan. Selama trimester akhir kehamilan, rasa pegal, mati rasa, dan lemah kadangkala dialami pada ekstremitas atas. Hal ini kemungkinan merupakan akibat lordosis nyata yang disertai dengan fleksi anterior leher dan merosotnya gelang bahu

e) Sistem respirasi

Frekuensi pernafasan tidak berubah dan elevasi diafragma menurunkan volume paru saat istirahat namun terdapat peningkatan "tidal volume" sebesar 40% serta terjadi kenaikan "minute ventilation" dari 7.25 liter menjadi 10.5 liter.

Tekanan CO₂ (pCO₂) plasma fetus lebih besar dibanding plasma maternal sehingga CO₂ dengan mudah kedalam darah maternal. Selain hal ini, akibat hiperventilasi pulmonal kadar CO₂ dalam plasma maternal menurun sekitar 8% dibandingkan pada masa sebelum kehamilan.

f) Perubahan pada sistem kardiovaskuler

Perubahan pada Kardiovaskuler Terjadi peningkatan kebutuhan darah untuk ibu dan janin sehingga terjadi peningkatan cardiac output. Perubahan

posisi jantung seperti diafragma yang terdorong ke atas, jantung mengalami elevasi ke atas dan berputar ke bagian depan sebelah kiri. Perubahan auscultasi berhubungan dengan perubahan ukuran, perubahan tempat, perubahan volume dan perubahan cardiac output.

Tekanan darah bervariasi, tergantung dari kondisi, tempat pengukuran, kecemasan, dan posisi maternal. Selama kehamilan trimester II terjadi penurunan sistolik dan diastolic sekitar 5-10 mm/ hg karena vasa dilatasi perifer akibat peningkatan hormon selama kehamilan. Wanita hamil mengalami kompresi pada vena illica dan vena cava inferior oleh uterus dapat menyebabkan meningkatkan tekanan vena dan menurunnya aliran darah pada kaki. Perubahan ini menimbulkan oedema dan varises.

Perubahan fisiologi yang terjadi pada kehamilan yaitu;

a) Sistem endokrin

- (1) Peningkatan Basal Metabolic Rate/BMR (sampai 25% pada saat aterm), peningkatan ini terjadi disebabkan oleh janin dan uterus dan peningkatan konsumsi oksigen
- (2) Terjadi peningkatan metabolisme iodine akibat hiperplasia ringan kelenjar tiroid yang disebabkan oleh kadar estrogen
- (3) Paratiroidisme ringan akibat peningkatan kebutuhan akan kalsium dan vitamin D
- (4) Kenaikan kadar hormon paratiroid plasma yang
- (5) mencapai puncaknya pada usia kehamilan antara 15 dan 35 minggu
- (6) Kelenjar hipofise yang sedikit membesar
- (7) Peningkatan produksi prolaktin oleh kelenjar hipofise
- (8) Peningkatan kadar estrogen dan hipertrofi korteks adrenal
- (9) Peningkatan kadar kortisol untuk mengatur metabolisme protein dan karbohidrat
- (10) Penurunan kadar glukosa darah ibu
- (11) Penurunan produksi insulin pada awal kehamilan
- (12) Peningkatan produksi estrogen, progesteron dan Human Chorionic Somatomammotropin oleh plasenta

- (13) Peningkatan kadar kortisol maternal yang akan mengurangi kemampuan tubuh ibu dalam menggunakan insulin dan dengan demikian akan memastikan pasokan glukosa bagi janin serta plasenta

b) Sistem metabolisme

- (1) Peningkatan retensi air yang disebabkan oleh kadar hormon steroid seks yang lebih tinggi sehingga menimbulkan carpal tunnel syndrome yang tergantung edema
- (2) Penurunan kadar protein serum
- (3) Peningkatan tekanan intrakapiler dan permeabilitas kapiler
- (4) Peningkatan kadar lipid, lipoprotein dan kolestrol serum
- (5) Peningkatan kebutuhan zat besi akibat tuntutan janin
- (6) Peningkatan kebutuhan karbohidrat
- (7) Peningkatan retensi protein akibat hiperplasia dan hipertrofi jaringan maternal
- (8) Kenaikan berat badan sebesar 11,3 hingga 13,6 kg. Umumnya diestimasi terjadi kenaikan sebesar 1,4-, 5,4- dan 5,4 kg untuk masing- masing trimester pertama, kedua dan ketiga. Kenaikan berat badan ini disebabkan oleh berat janin 3,4 kg, berat plasenta dan membran amnion 0,7 kg, cairan amnion 0,9 kg, uterus 1,1 kg, volume darah 0,9-1,8 kg dan cairan ekstrasvaskular serta simpanan lemak 1,8 hingga 4,1 kg

2) Adaptasi psikologis

Secara umum, semua emosi yang dirasakan oleh wanita hamil cukup labil. Ia dapat memiliki reaksi yang ekstrem dan susana hatinya kerap berubah dengan cepat. Reaksi emosional dan persepsi mengenai kehidupan juga dapat mengalami perubahan. Ia menjadi sangat sensitif dan cenderung bereaksi berlebihan. Seorang wanita hamil akan lebih terbuka terhadap dirinya sendiri dan suka berbagi pengalaman kepada orang lain. Ia merenungkan mimpi tidurnya, angan- angannya, fantasinya, dan arti kata-katanya, objek, peristiwa, konsep abstrak, seperti kematian, kehidupan, keberhasilan, dan kebahagiaan. Ia dapat mengidentifikasi bentuk-bentuk fisik yang berhubungan erat dengan masa usia subur atau mencukupkan diri dengan kehidupan atau makanan

Selama kehamilan berlangsung, terdapat rangkaian proses psikologis khusus yang jelas, yang terkadang tampak berkaitan erat dengan perubahan biologis yang sedang terjadi. Peristiwa dan proses psikologis ini dapat diidentifikasi pada trimester ketiga dan pembagian trimester ini akan digunakan pada diskusi berikut. Respons psikologis umum terhadap kehamilan yang baru saja dibahas dan proses manapun peristiwa psikologis khusus lain dapat lain dapat terulang lagi

a) Pada kehamilan trimester I

Sejara setelah konsepsi, kadar hormone progesteron dan estrogen dalam tubuh akan meningkat. Ini menyebabkan timbulnya mual dan muntah pada pagi hari, lemah, lelah dan membesarnya payudara. Ibu merasa tidak sehat dan seringkali membenci kehamilannya. Banyak ibu yang merasakan kekecewaan, penolakan, kecemasan dan kesedihan. Seringkali, pada awal masa kehamilan ibu berharap untuk tidak hamil.

(1) Ketidakyakinan / ketidakpastian

Awal minggu kehamilan, wanita akan merasa tidak yakin dengan kehamilannya dan berusaha untuk mengkonfirmasi kehamilan tersebut. Hal ini disebabkan karena tanda-tanda fisik kehamilan tidak begitu jelas atau sedikit berubah. Setiap wanita memiliki tingkat reaksi yang bervariasi terhadap ketidakyakinan akan kehamilan. Wanita hamil akan berusaha untuk mencari kepastian bahwa dirinya hamil, menjadi takut akan kehamilan yang terjadi dan berharap tanda-tanda tersebut menunjukkan bahwa dirinya tidak hamil.

Fase ini, seorang wanita akan mengobservasi seluruh bagian tubuhnya untuk memastikan perubahan yang mengindikasikan tanda-tanda kehamilan, merundingkan kepada keluarga dan teman tentang kemungkinan bahwa telah terjadi kehamilan, memvalidasi kehamilan tersebut dengan menggunakan tes kehamilan.

(2) Ambivalen

Ambivalen didefinisikan sebagai konflik perasaan yang simultan, seperti cinta dan benci terhadap seseorang, sesuatu, atau keadaan (Bobak,

Lowdermilk, & Jensen, 2005). Setiap wanita hamil memiliki sedikit rasa ambivalen dalam dirinya selama masa kehamilan. Ambivalen merupakan respon normal individu ketika akan memasuki suatu peran baru. Beberapa wanita merasa bahwa ini tidak nyata dan bukanlah saat yang tepat untuk hamil, walaupun ini telah direncanakan atau diidamkan.

Wanita yang sudah merencanakan kehamilan sering berpikir bahwa dirinya membutuhkan waktu yang lama untuk menerima kehamilan, akan merasa khawatir dengan bertambahnya tanggung jawab dan perasaan akan ketidakmampuannya untuk menjadi orang tua yang baik, serta takut jika kehamilan ini akan mempengaruhi hubungannya dengan orang lain.

(3) Fokus pada diri sendiri / narsisme

Awal kehamilan, pusat pikiran ibu berfokus pada dirinya sendiri, bukan pada janin. Ibu merasa bahwa janin merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari diri ibu, calon ibu juga mulai berkeinginan untuk menghentikan rutinitasnya yang penuh tuntutan sosial dan tekanan agar dapat menikmati waktu kosong tanpa beban. Banyak waktu yang dihabiskan untuk tidur.

Perubahan fisik dan meningkatnya hormon akan menyebabkan emosi menjadi labil. Perubahan hormonal merupakan bagian dari respon ibu terhadap kehamilan. Perubahan hormon ini dapat menjadi penyebab perubahan mood, hampir sama seperti saat wanita menstruasi atau menopause. Mood ibu hamil akan mudah sekali berubah-ubah. Perubahan ini seringkali membuat ibu dan orang-orang di sekitarnya menjadi bingung

(4) Perubahan seksual

Selama trimester I, seringkali keinginan seksual wanita menurun. Ketakutan akan keguguran menjadi penyebab pasangan menghindari aktivitas seksual. Apalagi jika wanita tersebut sebelumnya pernah mengalami keguguran.

b) Trimester II

Trimester kedua sering dikenal sebagai periode kesehatan yang baik, yakni periode ketika wanita merasa nyaman dan bebas dari segala ketidaknyamanan yang normal dialami saat hamil. Namun, trimester kedua juga merupakan fase ketika wanita menelusur ke dalam dan paling banyak mengalami kemunduran. Trimester kedua sebenarnya terbagi atas dua fase: pra-quickening dan pasca-quickening. Quickening menunjukkan kenyataan adanya kehidupan yang terpisah, yang menjadi dorongan bagi wanita dalam melaksanakan tugas psikologis utamanya

pada trimester kedua, yakni mengembangkan identitas sebagai ibu bagi dirinya sendiri, yang berbeda dari ibunya. Pada trimester kedua, mulai terjadi perubahan pada tubuh. Orang akan mengenali Anda sedang hamil. Pada akhir trimester kedua, rahim akan membesar sekira 7,6 cm di atas pusar. Pertambahan berat badan rata-rata 7,65-10,8 kg termasuk pertambahan berat dari trimester pertama. Janin mulai aktif bergerak pada periode ini.

c) Trimester III

Trimester ketiga sering disebut periode penantian dengan penuh kewaspadaan. Pada periode ini wanita mulai menyadari kehadiran bayi sebagai makhluk yang terpisah sehingga ia menjadi tidak sabar menanti kehadiran sang bayi. Ada perasaan was-was mengingat bayi dapat lahir kapanpun. Hal ini membuatnya berjaga-jaga sementara ia memperhatikan dan menunggu tanda dan gejala persalinan muncul.

Trimester ketiga merupakan waktu, persiapan yang aktif terlihat dalam menanti kelahiran bayi dan menjadi orang tua sementara perhatian utama wanita terfokus pada bayi yang akan segera dilahirkan. Pergerakan janin dan pembesaran uterus, keduanya menjadi hal yang terus menerus mengingatkan tentang keberadaan bayi. Wanita tersebut lebih protektif terhadap bayinya. Sebagian besar pemikiran difokuskan pada perawatan bayi. Ada banyak spekulasi mengenai jenis kelamin dan wajah bayi itu kelak. Sejumlah ketakutan muncul pada trimester ketiga. Wanita mungkin merasa cemas dengan kehidupan bayi dan kehidupannya sendiri. Seperti: apakah nanti bayinya akan lahir abnormal, terkait persalinan dan kelahiran (nyeri,

kehilangan kendali, hal-hal lain yang tidak diketahui), apakah ia akan menyadari bahwa ia akan bersalin, atau bayinya tidak mampu keluar karena perutnya sudah luar biasa besar, atau apakah organ vitalnya akan mengalami cedera akibat tendangan bayi. Ia juga mengalami proses duka lain ketika ia mengantisipasi hilangnya perhatian dan hak istimewa khusus lain selama kehamilan, perpisahan antara ia dan bayinya yang tidak dapat dihindari, dan perasaan kehilangan karena uterusnya yang penuh secara tiba-tiba akan mengempis dan ruang tersebut menjadi kosong.

Depresi ringan merupakan hal yang umum terjadi dan wanita dapat menjadi lebih bergantung pada orang lain lebih lanjut dan lebih menutup diri karena perasaan rentannya. Wanita akan kembali merasakan ketidaknyamanan fisik yang semakin kuat menjelang akhir kehamilan. Ia akan merasa canggung, jelek, berantakan, dan memerlukan dukungan yang sangat besar dan konsisten dari pasangannya. Pada pertengahan trimester ketiga, peningkatan hasrat seksual yang terjadi pada trimester sebelumnya akan menghilang karena abdomennya yang semakin besar menjadi halangan. Alternatif untuk mencapai kepuasan dapat membantu atau dapat menimbulkan perasaan bersalah jika ia merasa tidak nyaman dengan cara- cara tersebut. Berbagi perasaan secara jujur dengan pasangan dan konsultasi menjadi sangat penting

3) Kondisi psikologis

Kondisi psikologi setiap ibu hamil berbeda satu dengan yang lainnya. Secara garis besar, kondisi psikologi yang dialami ibu hamil dapat dijelaskan berikut;

Tabel1.Kondisi Emosional Ibu Selama Kehamilannya

Usia kehamilan	Keadaan emosional
1 bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Emosi berubah cepat, tidak stabil • Perasaan ibu kosong dan datar • Menjadi Sentimentil dan ingin diperhatikan setiap orang

	<ul style="list-style-type: none"> • Berbahaya jika sudah depresi karena dapat member pengaruh buruk pada janin
2 bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Emosional hampir sama dengan bulan 1 • Perubahan fisik lebih terlihat
3 bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Ketakutan berlebihan akan keguguran • Lelah secara mental karena menjadi sangat berhati –hati • Emosional mulai mereda saat ada kontak gerak janin yang dirasakan ibu
4 bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Kenyamanan tubuh mulai dirasakan saat rasa mulai stabil • Emosional meninggi kembali saat ibu sadar secara fisik menjadi lebih gemuk
5 bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Emosional stabil walaupun masih agak sensitive • Suasana hati mulai membaik
6 bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Rasa bosan mendera • Emosional masih stabil, mekipun terkadang menjadi tidak sabaran
7 bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Emosional menjadi sedikit tidak stabil lagi, karena ibu sangat menunggu proses persalinan
8 bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Emosional mulai tidak stabil
9 bulan	<ul style="list-style-type: none"> • Rasa takut dapat diatasi karenakan rasa cema terhadap bayi yang akan dilahirkan

Sumber : Elisabeth B. Hurlock Anak Jilid 1, Erlangga, Jakarta

4) Adaptasi ibu terhadap kehamilan

Dengan adanya perubahan hormonal pada dalam tubuh ibu, maka terjadi symptom fisik dan psikis serta merupakan stressor dalam kehidupan. Misalnya adaa stressor keluarga yang tidak disetujui oleh orang tuanya, kesepian, dan kekhawatiran akan adanya bayinya.

Adaptasi ibu terhadap kehamilannya :

- a) Menerima kehamilannya
- b) Hubungan dengan janin
- c) Menyesuaikan dengan perubahan yang terjadi
- d) Menyesuaikan perubahan suami istri
- e) Persiapan melahirkan dan menjadi seorang ibu

RANGKUMAN

Kehamilan menyebabkan perubahan fisiologis dan psikologis pada ibu yang dipengaruhi oleh hormon kehamilan dan perubahan mekanis akibat pertumbuhan janin. Adaptasi ini bertujuan untuk mempertahankan kesehatan ibu dan janin serta mempersiapkan tubuh untuk persalinan. Faktor yang memengaruhi adaptasi maternal meliputi faktor fisik (kesehatan, nutrisi), psikologis (stres, dukungan sosial), dan sosial-ekonomi (budaya, akses layanan kesehatan).

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Adaptasi maternal pada kehamilan terutama dipengaruhi oleh ...
 - a. Faktor genetik
 - b. Faktor lingkungan
 - c. Hormon kehamilan dan tekanan mekanis dari janin
 - d. Aktivitas fisik ibu
 - e. Aktivitas janin
 2. Faktor psikologis yang mempengaruhi adaptasi ibu terhadap kehamilan meliputi ...
 - a. Perubahan hormon tiroid
 - b. Stresor internal dan eksternal
 - c. Konsumsi makanan bergizi
 - d. Keadaan ekonomi global
 - e. Keadaan Ekonomi keluarga
 3. Salah satu perubahan fisiologis pada ibu hamil adalah ...
 - a. Penurunan volume darah
 - b. Penurunan hormon estrogen
 - c. Peningkatan produksi progesteron
 - d. Atrofi jaringan payudara
 - e. Penurunan Hb
 4. Perubahan sistem muskuloskeletal pada ibu hamil dapat menyebabkan ...
 - a. Osteoporosis
 - b. Nyeri punggung
 - c. Kekakuan sendi permanen
 - d. Pengeroposan tulang yang tidak dapat dipulihkan
 - e. Nyeri Perut
 5. Faktor yang berperan dalam adaptasi psikologis kehamilan antara lain ...
 - a. Nutrisi dan tingkat aktivitas fisik
-

- b. Dukungan sosial dan lingkungan
- c. Umur ibu saat hamil
- d. Riwayat penyakit keluarga
- e. Usia kehamilan

BAB VI

FISIOLOGI PLASENTA

Tujuan pembelajaran :

Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

- a. Menjelaskan fisiologi plasenta
 - b. Menjelaskan hormon plasenta
1. Fisiologi plasenta
 - a. Perubahan Pada Trofoblas

Pada awal bulan kedua, trofoblas ditandai dengan banyaknya vilus sekunder dan tersier yang menyebabkannya tampak radial (lihat gambar). Vilus batang (vilus ancoralis) berjalan dari mesoderm lempeng korion ke selubung sitotrofoblas. Permukaan vilus dibentuk oleh sinsitium . terletak pada suatu lapisan sel sitotrofoblastik yang nantinya akan membungkus bagian / inti vilus yang berupa mesoderm vaskuler (lihat gambar). Sistem kapiler yang terbentuk di inti tunas vilus segera berkontak dengan kapiler lempeng korion dan tangkai penghubung sehingga terbentuk sistem vaskular ekstraembrional.

Darah ibu dialirkan ke plasenta oleh arteri-arterispiralis di uterus. Erosi pembuluh darah ibu yang menyebabkan dibebaskannya darah kedalam ruang antar vilus (gambar) dilaksanakan oleh sel sitotrofoblas yang melakukan invasi endovaskular. Sel-sel ini yang dibebaskan dari ujung –ujung vilus ancoralis (vilus penambat) (gambar), menginvasi ujung terminal arteri spiralis, tempat sel2 tersebut menggantikan sel endotel ibu di dinding pembuluh darah, menciptakan pembuluh hibrida yang mengandung sel janin dan ibu. Untuk melaksanakan proses ini, sel sel sitotrofoblas mengalami transisi dari epitel menjadi endotel. Invasi ke arteri spiralis oleh sel sitotrofoblas mengubah pembuluh darah ini dari pembuluh berdiameter kecil dan beresistensi tinggi menjadi pembuluh berdiameter besar dengan resistensi rendah yang dapat menyalurkan banyak darah ibu ke ruang antar vilus (gambar) Selama bulan-bulan selanjutnya, tumbuh banyak perluasan kecil dari tunas vilus yang sudah ada dan meluas sebagai vilus liber (vilus bebas) keruang antar vilus atau

lakuna disekitarnya. Pada awalnya, vilus-vilus bebas yang baru terbentuk ini bersifat

primitif (gambar), tetapi pada awal bulan keempat, sel-sel sitotrofoblastik dan sebagian sel jaringan ikat lenyap. Sinsitium dan dinding endotel pembuluh darah kemudian menjadi satu-satunya lapisan yang memisahkan sirkulasi ibu dan janin (gambar). Sinsitium menjadi sangat tipis, dan sepotong besar sinsitium yang mengandung beberapa nukleus dapat terlepas dan masuk kedalam danau antarvilus. Potongan-potongan ini, yang dikenal sebagai *syncytial knots*, masuk ke sirkulasi ibu dan biasanya mengalami degenerasi tanpa menimbulkan gejala. Hilangnya sel-sel sitotrofoblastik berlangsung dari vilus kecil ke vilus besar, dan meskipun sebagian selalu ada di vilus besar, sel-sel ini tidak ikut serta dalam pertukaran antara kedua sirkulasi.

b. Korion Frondosum Dan Desidua Basalis

Pada minggu-minggu awal perkembangan, vilus menutupi seluruh permukaan korion (gambar). Seiring dengan kemajuan kehamilan, vilus di kutub embrional terus tumbuh dan meluas, menghasilkan korion frondosum (semak korion). Vilus dikutub abembrional mengalami degenerasi, dan bulan ketiga, sisi korion ini, yang sekarang dikenal sebagai korion laeve, tampak licin (lihat gambar dan).

Perbedaan antara kutub embrional dan abembrional korion juga tercermin dalam struktur desidua, lapisan fungsional endometrium yang terlepas selama persalinan. desidua di atas korion frondosum, desidua basalis, terdiri dari lapisan padaat sel-sel besar, sel desidua, dengan banyak lemak dan glikogen. Lapisan ini, lempeng desidua, melekat erat ke korion. Lapisan desidua di atas kutub abembrional adalah desidua kapsularis (gambar). Dengan tumbuhnya vesikel korion, lapisan ini menjadi terenggang dan berdegenerasi. Kemudian korion laeve berkontak dengan dinding uterus (desidua parietalis) dididi berlawanan uterus, dan keduanya menyatu (lihat gambar) sehingga lumen uterus lenyap. Karena itu, satu – satunya bagian korion yang ikut dalam proses pertukaran adalah korion frondosum yang bersama desidua basalis membentuk plasenta. Demikian juga, penyatuan amnion dan korion untuk membentuk selaput akromnion melenyapkan rongga korion (gambar). Selaput inilah yang pecah sewaktu persalinan (pecahnya selaput ketuban).

c. Struktur Plasenta

Pada awal bulan keempat, plasenta memiliki 2 komponen : (a) bagian janin yang dibentuk oleh korion frondosum dan (b) bagian ibu yang dibentuk oleh desidua basalis. Disisi janin, plasenta dibatasi oleh lempeng korion; disisi ibu plasenta dibatasi oleh desidua basalis, dengan lempeng desidua adalah bagian yang paling berhubungan erat dengan plasenta. Di zona taut (*junctional zone*) ,trofoblas, dan sel desidua bercampur baur. Zona ini yang ditandai oleh sel raksasa sinsitium dan desidua, kaya akan bahan ekstrasel amorf. Pada saat ini, sebagian besar sel sitotrofoblas telah berdegenerasi. Diantara lempeng korion dan desidua terdapat ruang antarvilus yang terisi oleh darah ibu. Ruang ini berasal dari lakuna di sinsitiotrofoblas dan dilapisi oleh sinsitium yang berasal dari janin. Cabang-cabang vilus tumbuh ke dalam danau antarvilus. Selama bulan keempat dan kelima, desidua membentuk sejumlah septum desidua yang menonjol kedalam ruang antarvilus tetapi tidak mencapai Lempeng korion. Sekat-sekat ini memiliki inti yang berasal dari jaringan ibu, tetapi permukaannya dilapisi oleh satu lapisan sel sinsitium sehingga darah ibudi ruang antarvilus dipisahkan dari jaringan vilus janin oleh satu lapisan sinsitium. Akibat pembentukan sekat ini, plasenta menjadi terbagi kedalam beberapa kompartemen, atau kotiledon. Karena sekat desidua tidak mencapai lempeng korion, kontak antara ruang antarvilus diberbagai kotiledon dipertahankan.. Akibat pertumbuhan janin yang terus menerus dan ekspansi uterus, plasenta juga membesar,. Peningkatan luas permukaannya secara kasar setara dengan penambahan luas uterus, dan sepanjang kehamilan plasenta menutupi sekitar 15% sampai 30% permukaan dalam uterus. Meningkatnya ketebalan plasenta terjadi akibat pembentukan cabang-cabang dari vilus yang sudah ada dan tidak disebabkan oleh penetrasi lebih lanjut kedalam jaringan ibu.

d. Plasenta Aterm

Pada saat aterm, plasenta berbentuk seperti cakram dengan garis tengah 15-25 cm, tebal sekitar 3 cm, dan berat sekitar 500-600g. Saat lahir, plasenta terlepas dari dinding uterus, sekitar 30 menit setelah bayi lahir, plasenta terdorong keluar dari rongga uterus,. Setelah lahir, jika plasenta dilihat dari sisi ibu, tampak jelas 15-20 bagian yang menonjol, yaitu kotiledon yang dilapisi oleh selaput tipis desidua basalis. Alur diantara kotiledon dibentuk oleh septum desidua

Permukaan plasenta sisi janin seluruhnya dilapisi oleh lempeng korion,. Terdapat sejumlah arteri dan vena besar, pembuluh korior yang mengumpul ke arah tali pusat. Korior, sebaliknya dilapisi oleh amnion. Letak perlekatan tali pusat biasanya di tengah dan kadang-kadang bahkan di tepi (marginal). Meskipun jarang, tali pusat dapat melekat keselaput korion diluar plasenta (insersi vellamentosa)

e. Sirkulasi Plasenta

Kotiledon menerima darah dari 80-100 arteri spiralis yang menembus lempeng desidua dan masuk keruang antar vilus dengan pola yang cukup teratur. Tekanan pada arteri ini, mendorong darah masuk jauh keruang antarvilus dan membasahi banyak vilus kecil dari percabangan vilus darah beroksigen. Sewaktu tekanan berkurang, darah mengalir balik dari lempeng korion menuju desidua tempat darah masuk ke vena endometrium. Karena itu, darah dari ruang antarvilus mengalir balik ke sirkulasi ibu melalui vena endometrium.

Secara keseluruhan, ruang antarvilus plasenta ibu mengandung sekitar 150 ml darah yang diganti sekitar 3 atau 4 kali permenit. Darah ini mengalir disepanjang vilus korion yang memiliki luas permukaan 4 sampai 14 M². Namun, pertukaran di plasenta tidak berlangsung di semua vilus, hanya di vilus yang pembuluh janinnya berkontak erat dengan membran sinsitium yang menutupinya. Di vilus-vilus ini, sinsitium sering memiliki *brush border* yang terdiri dari banyak mikrovilus, yang sangat memperluas are permukaan sehingga meningkatkan kecepatan pertukaran antara sirkulasi ibu dan janin. Membran plasenta yang memisahkan darah ibu dan janin, pada awalnya terdiri dari empat lapisan: (a) lapisan endotel pembuluh darah janin, (b) jaringan ikat di inti vilus, (c) lapisan sitotrofoblas, dan (d) sinsitium. Namun, sejak bulan ke empat hingga seterusnya, membran plasenta menipis, karena lapisan endotel pembuluh darah kini berkontak erat dengan membran sinsitium sehingga laju pertukaran sangat meningkat. Membran plasenta yang kadang-kadang disebut sawar plasenta, bukanlah suatu sawar sejati karena banyak bahan yang dapat bebas melewatinya. Karena darah ibu di ruang antarvilus dipisahkan dari darah

janin oleh sawar yang berasal dari korion, plasenta manusia dianggap sebagai tipe hemokorialis.

f. Fungsi Plasenta

Fungsi utama plasenta adalah (a) mempertukarkan produk metabolik dan gas antara sirkulasi ibu dan janin dan (b) menghasilkan hormon.

Pertukaran Gas

Pertukaran gas misalnya oksigen, karbon dioksida, dan karbon monoksida berlangsung melalui difusi sederhana. Pada aterm, janin menyerap 20-30 ml oksigen per menit dari darah ibu, dan bahkan hambatan singkat aliran oksigen dapat mematikan janin. Aliran darah plasenta sangat penting bagi pasokan oksigen, karena jumlah oksigen yang mencapai janin terutama ditentukan oleh penyaluran bukan difusi.

Pertukaran nutrien dan Elektrolit

Pertukaran nutrien dan elektrolit, misalnya asam amino, asam lemak bebas, karbohidrat, dan vitamin, berlangsung cepat dan meningkat seiring dengan kemajuan kehamilan.

Penyaluran antibodi ibu

Kompetensi imunologis mulai terbentuk pada akhir trimester pertama, yaitu saat janin membuat semua komplemen. Immunoglobulin hampir hanya berupa imunoglobulin G (IgG) ibu mulai disalurkan dari ibu ke janin pada sekitar usia 14 minggu. Dengan cara ini, janin memperoleh imunitas pasif terhadap berbagai penyakit infeksi. Bayi baru lahir mulai menghasilkan sendiri IgG Tetapi kadar dewasa belum tercapai hingga usia 3 tahun.

g. Amnion Dan Tali Pusat

Garis oval peralihan antara amnion dan ektoderm mudigah (persambungan amnion-ektoderm) adalah cincin umbilikus primitif. Pada minggu kelima perkembangan, struktur-struktur berikut melewati cincin tersebut; (a) tangkai penghubung (*connecting stalk*) yang mengandung alantois dan pembuluh umbilikus yang terdiri dari dua arteri dan satu vena; (b) *yolk sac* (duktus vitelinus) , disertai oleh pembuluh vitelinusnya; dan (c) saluran yang menghubungkan rongga intra dan

ekstraembrional. *Yolk sac* menempati suatu ruang di rongga korion, yaitu ruang antara amnion dan lempeng korion.

Selama perkembangan lebih lanjut, rongga amnion cepat melebar dengan mengorbankan rongga korion, dan amnion mulai membungkus tangkai *yolk sac* dan tungkai penghubung, menyatukan keduanya dan membentuk tali pusat primitif. Disebelah distal tali pusat mengandung tangkai *yolk sac* dan pembuluh umbilikus. Disebelah proksimal, tali pusat mengandung sebagian lengkung usus dan sisa alantois. *Yolk sac* yang terdapat di rongga korion, dihubungkan ke tali pusat oleh tangkainya. Pada akhir bulan ke 3, amnion telah membesar sedemikian sehingga berkontak dengan korion, menyempitkan rongga korion. *Yolk sac* kemudian biasanya menciut dan secara bertahap lenyap.

Rongga abdomen untuk sementara menjadi terlalu kecil bagi lengkung usus yang tumbuh pesat, dan sebagian dari usus tersebut terdorong ke dalam ruang ekstraembrional di tali pusat. Lengkung usus yang menonjol ini membentuk hernia umbilikus fisiologis. Pada sekitar akhir bulan ketiga, lengkung usus tertarik kembali ke dalam tubuh mudigah, dan rongga tali pusat lenyap. Saat alantois dan duktus vitelinus serta pembuluh-pembuluhnya juga lenyap, yang tertinggal di tali pusat hanyalah pembuluh umbilikus yang di kelilingi oleh *wharton jelly*. Jaringan yang kaya akan proteoglikan ini, berfungsi sebagai lapisan pelindung bagi pembuluh darah. Dinding arteri mengandung serat otot dan banyak serat elastis yang berperan menyebabkan kontriksi dan kontraksi cepat pembuluh umbilikus setelah tali pusat di potong.

h. Perubahan Plasenta Pada Akhir Kehamilan

Pada akhir kehamilan, sejumlah perubahan terjadi di plasenta yang mungkin menunjukkan penurunan pertukaran antara kedua sisi sirkulasi. Perubahan-perubahan tersebut mencakup (a) meningkatnya jaringan fibrosa di inti vilus, (b) menebalnya membran basalis kapiler janin, (c) lenyapnya kapiler-kapiler kecil didalam vilus, dan (d) mengendapnya fibrinoid di permukaan vilus di zona pertautan dan lempeng korion. Pembentukan fibrinoid yang berlebihan sering menyebabkan infark danau antarvilus atau kadang-kadang seluruh kotiledon. Kotiledon itu kemudian tampak keputihan.

i. Cairan Amnion

Rongga amnion terisi oleh cairan jernih dan encer (air ketuban) yang sebagian dihasilkan oleh sel amnion meskipun sebagian besar berasal dari darah ibu. Jumlah cairan meningkat dari sekitar 30 ml pada minggu ke-10 kehamilan menjadi 450 ml pada minggu ke-20 dan menjadi 800 sampai 1000 ml pada minggu ke 37, selama bulan-bulan awal kehamilan, mudigah tergantung pada tali pusat di dalam cairan ini yang berfungsi sebagai bantalan pelindung. Cairan ini (a) meredam guncangan, (b) mencegah melekatnya mudigah ke amnion, dan (c) memungkinkan janin bergerak. Volume cairan amnion diganti setiap 3 jam. Dari awal bulan kelima, janin menelan cairan amnionnya sendiri, dan diperkirakan bahwa janin minum sekitar 400 ml per hari, sekitar separuh dari jumlah total. Urin janin masuk kedalam cairan amnion setiap hari sejak bulan kelima, tetapi urin ini sebagian besar adalah air karena plasentalah yang berfungsi sebagai organ untuk pertukaran zat sisa metabolik. Pada saat lahir, selaput akromnion membentuk suatu gaya hidrostatis seperti baji yang membantu membuka membuka kanalis servikalis.

2. Hormon plasenta

Pada akhir bulan ke empat, plasenta menghasilkan progesteron dalam jumlah memadai untuk mempertahankan kehamilan jika korpus luteum diangkat atau kurang berfungsi. Mungkin semua hormon disintesis di sinsitiotrofablas. Selain progesteron, hormon estrogenik, terutama estriol hingga tepat sebelum akhir kehamilan, saat kadar maksimumnya tercapai. Kadar estrogen yang tinggi ini merangsang pertumbuhan uterus dan perkembangan kelenjar mamaria.

Selama dua bulan pertama kehamilan, sinsitiotrofabllas juga menghasilkan *human chorionic gonadotropin* (HCG; gonadotropin korion manusia) yang mempertahankan korpus luteum. Hormon ini dikeluarkan oleh ibu di urin, dan pada tahap awal kehamilan, keberadaannya digunakan sebagai indikator kehamilan. Hormon lain yang dihasilkan oleh plasenta adalah somatomotropin (dahulu disebut laktogen plasenta). Ini adalah suatu bahan mirip hormon pertumbuhan yang memprioritaskan glukosa darah ibu bagi janin dan agak menyebabkan ibu menjadi diabetagonik.

Hormon ini juga mendorong perkembangan payudara untuk menghasilkan susu (sadler, 2010)

RANGKUMAN

Fisiologi Plasenta

Plasenta merupakan organ penting yang berkembang dari trofoblas embrio dan berfungsi sebagai penghubung antara ibu dan janin. Plasenta menyediakan oksigen dan nutrisi, mengeluarkan zat sisa, serta menghasilkan hormon seperti progesteron dan estrogen untuk mendukung kehamilan. Selama kehamilan, plasenta mengalami perkembangan struktural yang kompleks agar dapat menjalankan fungsinya dengan optimal.

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Fungsi utama plasenta adalah ...
 - a. Menghasilkan sel darah merah untuk ibu
 - b. Menyaring zat beracun dalam tubuh ibu
 - c. Menyediakan nutrisi dan oksigen bagi janin
 - d. Menghasilkan insulin untuk mengontrol gula darah janin
 - e. Tempat tumbuhnya janin

2. Darah ibu memasuki plasenta melalui ...
 - a. Arteri spiralis

- b. Vena cava
 - c. Arteri pulmonalis
 - d. Kapiler alveolus
 - e. Tuba Fallopi
3. Salah satu hormon yang dihasilkan oleh plasenta dan penting untuk mempertahankan kehamilan adalah ...
- a. Insulin
 - b. Adrenalin
 - c. Progesteron
 - d. Glukagon
 - e. Prolaktin
4. Sel yang berperan dalam invasi ke arteri spiralis ibu dan pembentukan pembuluh darah plasenta adalah ...
- a. Sinsitiotrofoblas
 - b. Eritrosit
 - c. Leukosit
 - d. Endotelium vascular
 - e. Trombosit
5. Struktur plasenta mulai berkembang dari ...
- a. Endometrium
 - b. Tropoblas
 - c. Amnion
 - d. Korion
 - e. Meometrium

BAB VII

PERKEMBANGAN FETUS

Tujuan pembelajaran :

Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

a. Menjelaskan perkembangan fetus per minggu

1. Perkembangan fetus

a. Fisiologi perkembangan fetus dalam kandungan

Tahap perkembangan selama kehamilan, yakni (Ricci & Kyle, 2009):

- 1) Tahap Pre-embriolik, dimulai sejak fertilisasi sampai minggu ke-2 kehamilan
- 2) Tahap Embriolik, berlangsung selama minggu ke-2 sampai minggu ke-8
- 3) Janin, berlangsung sejak minggu ke-8 sampai saat kelahiran\

Tahap janin mulai berlangsung sejak minggu ke-9 setelah konsepsi sampai akhir masa hamil. Pada akhir minggu ke-8 semua sistem organ dan struktur eksternal terbentuk dan embrio tidak diragukan lagi telah menjadi manusia (Bobak, Lowdermilk, Jensen, & Perry, 2004). Selama periode perkembangan janin, jaringan dan organ yang berkembang selama masa embrio tumbuh dan berkembang. Banyak struktur baru yang muncul pada periode perkembangan janin, namun kecepatan tumbuh tubuh sangat luar biasa. Contohnya: selama 2,5 bulan di dalam rahim, setengah dari berat badan pada akhir masa kehamilan ditambahkan (Tortora & Derrickson, 2012).

Perkembangan janin ditandai dengan pertumbuhan tubuh dan pematangan jaringan, organ serta sistem yang cepat. Kecepatan pertumbuhan kepala selama periode janin melambat dibandingkan dengan kecepatan pertumbuhan tubuh. Pada akhir minggu ke-12 pada kehamilan, ada pertumbuhan yang signifikan pada janin, yaitu: berat badan menjadi 3 kali lipat dan panjang menjadi 2 kali lipat (Ward & Hisley, 2009).

1) Minggu ke-9 sampai dengan Minggu ke-12

a) Tampak Luar

Kulit terbentuk, lebih menyerupai manusia, kepala tegak tetapi besarnya tidak sebanding dengan tubuh, kulit merah muda dan lembut (Bobak, 2004). Wajah sudah terlihat dengan mulai adanya perkembangan mata yang masih tertutup

dan tampak lebar. Hidung dan telinga sudah mulai muncul tapi masih kecil (Tortora & Derrickson, 2012).

b) Panjang (kepala sampai bokong) dan Berat Badan

Panjang 6-9 cm dan berat badan 19 gram (Bobak, 2004). Ward & Hisley (2009) menjelaskan panjang janin 8 cm. Menurut Tortora & Derrickson (2012) panjang janin 7,5 cm dan berat 30 g.

c) Sistem Pencernaan

Empedu disekresi; usus halus terpisah dari medula spinalis dan mulai menempati tempat yang khusus (Bobak, 2004). Usus mulai meninggalkan tali pusat dan masuk ke abdomen (Ward & Hisley, 2009).

d) Sistem Muskuloskeletal

Beberapa tulang mulai dibentuk, osifikasi meluas; lengkung servikal dan sakral bagian bawah dan tubuh mulai menjadi tulang; lapisan otot polos mulai terdapat di rongga visera (Bobak, 2004). Alat gerak atas sudah hampir menacapai bentuk yang sempurna, namun alat gerak bawah belum terlalu berkembang. Janin sudah mulai bergerak, namun gerakannya belum bisa dirasakan oleh ibunya (Tortora & Derrickson, 2012).

e) Sistem Sirkulasi

Pembentukan darah di sumsum tulang (Bobak, 2004). Pada minggu ke-9 hati berfungsi sebagai tempat utama untuk produksi sel darah merah. Namun, pada minggu ke-12 limpa yang mengambil alih semua proses (Ward & Hisley, 2009). Denyut jantung mulai terasa (Tortora & Derrickson, 2012).

f) Sistem Pernapasan

Paru-paru mendapatkan bentuk yang tetap; muncul pita suara (Bobak, 2004)

g) Sistem Ginjal

Produksi urin yang dilakukan oleh ginjal dimulai antara minggu ke-9 dan minggu ke-12 (Ward & Hisley, 2009). Kandung kemih menggelembung seperti kantung (Bobak, 2004).

h) Sistem Syaraf

Konfigurasi struktural otak secara garis besar selesai; medula spinalis menunjukkan pembesaran di daerah servikal dan lumbal; terbentuk foramen ventrikel keempat; mulai mengisap jari (Bobak, 2004)

i) Organ Sensoris

Mulai ada bakal pengecap yang pertama (Bobak, 2004). Organisasi mata mulai terjadi (Ward & Hisley, 2009).

j) Sistem Genital

Jenis kelamin belum dapat dikenali; organ seks internal dan eksternal berdiferensiasi dan semakin spesifik pada minggu ke-12 (Ward & Hisley, 2009)

2) Minggu ke-13 sampai dengan Minggu ke-16

a) Tampak Luar

Pertumbuhan yang sangat cepat pada periode ini. Mata, hidung dan telinga mulai terbentuk; sudah muncul rambut kepala; perbandingan lengan dan kaki sesuai (Ward & Hisley, 2009). Kepala masih dominan; wajah menyerupai manusia (Bobak, 2004). Mata dan telinga sudah hampir selesai berada pada posisi akhirnya masing-masing (Tortora & Derrickson, 2012).

b) Panjang (kepala sampai bokong) dan Berat Badan

Panjang 11,5-13,5 cm dan berat badan 100 gram (Bobak, 2004).

c) Sistem Pencernaan

Mekonium di dalam usus; mulai menyekresi beberapa enzim; anus terbuka (Bobak, 2004)

d) Sistem Muskuloskeletal

Muncul rongga sendi; pergerakan otot dapat dideteksi (Bobak, 2004). Osifikasi kerangka berlangsung dan tulang menjadi terlihat jelas apabila dilakukan pemeriksaan USG (Ward & Hisley, 2009).

e) Sistem Sirkulasi

Pembentukkan darah secara aktif di limpa; otot jantung telah berkembang dengan baik (Ward & Hisley, 2009).

f) Sistem Pernapasan

Serabut elastis muncul pada paru-paru; muncul bronkiolus terminalis dan respiratorius (Bobak, 2004)

g) Sistem Ginjal

Ginjal menempati tempat yang tetap; mulai mempunyai bentuk dan fungsi yang khas.

h) Sistem Syaraf

Lobus-lobus serebri terbentuk; serebelum mulai menonjol (Bobak, 2004)

i) Organ Sensoris

Organ-organ perasa mulai berdiferensiasi (Bobak, 2004)

j) Sistem Genital

Testis dalam posisi turun ke dalam skrotum; vagina terbuka (Bobak, 2004).

Folikel ovarium mulai muncul pada minggu ke-16 (Ward & Hisley, 2009)

3) Minggu ke-17 sampai dengan Minggu ke-20

a) Tampak Luar

Verniks kaseosa (zat putih yang menutupi kulit janin saat dalam rahim dan membantu melindungi janin) mulai muncul; lanugo (rambut halus dan tipis pada janin) muncul (Ward & Hisley, 2009). Tungkai bertambah panjang; mulai terlihat kelenjar sebacea (Bobak, 2004). Selain itu alis dan rambut di kepala sudah mulai muncul.

Verniks kaseosa adalah lemak yang menutupi kulit janin saat di dalam rahim dan membantu untuk melindungi janin. Lemak tersebut berwarna putih dan licin, *verniks kaseosa* ini bermanfaat menjaga temperatur agar tetap hangat saat janin dilahirkan. Verniks kaseosa disekresi oleh kelenjar sebacea serta sel-sel epitel. (Wong, Eaton, Wilson, Winkelstein, & Swart, 2009)

Lanugo adalah rambut halus yang melapisi janin biasanya semua bagian tubuh (bahu, bokong, ekstremitas) kecuali telapak tangan, telapak kaki (susan). Semakin prematur bayi yang dilahirkan, maka lebih banyak lanugo yang terdapat saat lahir (Wong, Eaton, Wilson, Winkelstein, & Swart, 2009)

- b) Panjang (kepala sampai bokong) dan Berat Badan
Panjang 16-18,5 cm dan berat badan 300 gram (Bobak, 2004).
 - c) Sistem Pencernaan
Deposit enamel dan dentin; kolon asenden dapat dikenali (Bobak, 2004)
 - d) Sistem Muskuloskeletal
Sternum mengalami osifikasi (Bobak, 2004). Gerakan janin cukup kuat dapat dirasakan oleh ibu (Ward & Hisley, 2009).
 - e) Sistem Pernapasan
Lubang hidung terbuka kembali; gerakan primitif mirip pernapasan di mulai (Bobak, 2004).
 - f) Sistem Syaraf
Secara kasar otak terbentuk; mielinisasi medula spinalis dimulai (Bobak, 2004)
 - g) Organ Sensoris
Hidung dan telinga membentuk tulang (Bobak, 2004)
 - h) Sistem Genital
Terbentuk uterus janin pada wanita minggu ke-18 dan pada laki-laki testis mulai turun namun masih berada di dinding perut (Ward & Hisley, 2009). Vagina mulai terbuka.
- 4) Minggu ke-21 sampai dengan Minggu ke-25
- a) Tampak Luar
Tubuh menjadi langsing dengan perbandingan sesuai; kulit menjadi merah dan berkeriput; terdapat verniks kaseosa; pembentukkan kelenjar keringat (Bobak, 2004). Kuku sudah terbentuk (Ward & Hisley, 2009). Mengalami penambahan berat badan yang cukup besar, kulit berwarna pink, dan ada kerutan (Tortora & Derrickson, 2012).
 - b) Panjang (kepala sampai bokong) dan Berat Badan
Panjang 19-23 cm dan berat badan 550-700gr (Tortora & Derrickson, 2012).
 - c) Sistem Sirkulasi
Pembentukkan darah meningkat dalam sumsum tulang tetapi berkurang di hati (Bobak, 2004)
 - d) Sistem Pernapasan
-

Terdapat duktus dan sakus alveolaris (Bobak, 2004). Paru-paru pada janin mulai memiliki surfaktan (Ward & Hisley, 2009)

e) Sistem Syaraf

Korteks serebri dilapisi secara khas; proliferasi neuron pada korteks serebri berakhir (Bobak, 2004)

f) Organ Sensoris

Telinga sudah dapat mendengar (Bobak, 2004)

g) Sistem Genital

Testis pada cincin inguinalis dalam proses turun ke dalam skrotum (Bobak, 2004)

5) Minggu 26 sampai 29 (bulan ketujuh)

a) Tampak Luar

Ukuran tubuh sudah mulai roposional, mata sudah terbuka, dan kuku mulai muncul (Tortora & Derrickson, 2012).Badan janin langsing, keriput berkurang, dan berwarna merah (Bobak, 2004).

b) Panjang (kepala sampai bokong) dan Berat Badan

Panjang 23-27 cm dan berat 1100-1350 gram (Bobak, 2004).

c) Sistem Sirkulasi

Sumsum tulang merah menghasilkan sel darah merah secara efektif (Tortora & Derrickson, 2012).

d) Sistem Pernapasan

Terbentuknya lesitin pada permukaan alveolus (Bobak, 2004).

e) Sistem Syaraf

Mulai tampak fisura serebralis, dan terjadi pembentukan lipatan otak dengan cepat, muncul nya siklus tidur-bangun tapi belum tetap, mulai adanya refleks menghisap (Bobak, 2004)

f) Organ Sensoris

Kelopak mata terbuka kembali, lapisan retina sudah selesai dibentuk, pupil mulai bereaksi terhadap cahaya (Bobak, 2004)

g) Sistem Genital

Testis masih dalam proses turun ke dalam skrotum (Bobak, 2004)

6) Minggu 30 sampai 33 (bulan kedelapan)

a) Tampak Luar

Lemak subkutan mulai terkumpul, janin tampak lebih bulat, kulit berwarna merah muda dan licin, berubah posisi menjadi posisi pada saat melahirkan (Bobak, 2004).

b) Panjang (kepala sampai bokong) dan Berat Badan

Panjang 27-32 cm dan berat 1800-2100 gram (Bobak, 2004).

c) Sistem Syaraf

Mulai tampak fisura serebralis, dan terjadi pembentukan lipatan otak dengan cepat, munculnya siklus tidur-bangun tapi belum tetap, mulai adanya refleks menghisap (Bobak, 2004)

d) Sistem musculoskeletal

Jari mengalami penulangan, dapat menengok ke samping

e) Organ Sensoris

Terdapat sensori perasa, janin sadar akan suara. Contohnya suara ibunya di luar perut. Terdapat pergerakan janin yang dapat dirasakan ibu.

f) Sistem Genital

Testis turun ke dalam skrotum bagi janin yang berjenis kelamin laki-laki (Bobak, 2004)

7) Minggu 34 sampai 36 (bulan kesembilan)

a) Tampak Luar

Kulit berwarna merah muda, tubuh janin berbentuk bulat, dan lanugo pada janin menghilang. Anak biasanya gendut (Bobak, 2004). Lemak ubuh sekitar 16% dari total massa tubuh (Tortora & Derrickson, 2012).

b) Panjang (kepala sampai bokong) dan Berat Badan

Panjang 32-36 cm dan berat 2200-2900 gram

c) Sistem musculoskeletal

Terjadi osifikasi (proses pembentukan tulang dari tulang rawan) pada femoralis, mulai muncul gerakan yang pasti, dapat mengangkat kepala karena tonus janin sudah mulai kuat.

d) Sistem ginjal

Pembentukan nefron baru berhenti

e) Sistem Syaraf

Ujung medulla sudah setinggi lumbal 3. Janin memiliki siklus bangun-tidur yang pasti (Bobak, 2004)

8) Minggu ke 38 sampai 40

a) Tampak Luar

Kulit berwarna merah muda dan halus, vernik kaseosa sedikit, dan terdapat rambut yang sedang maupun banyak. Lanugo hanya tersisa pada bahu dan tubuh bagian atas saja. Pada hidung mulai tampak tulang rawan hidung dan cuping hidung (Bobak, 2004).

b) Panjang (kepala sampai bokong) dan Berat Badan

Panjang 40-50 cm dan berat 3200+ gram

c) Sistem musculoskeletal

Janin bisa bergerak aktif dan bertahan. Tonus otot sudah baik, sehingga dapat mengangkat dan mempertahankan kepalanya.

d) Sistem Syaraf

Mielinisasi otak dimulai, merasa tidak nyaman jika lapar, dan memiliki refleks isap yang sangat kuat (Bobak, 2004). Sistem ini akan dilanjutkan perkembangannya saat setelah lahir.

e) Testis didalam skrotum bagi janin laki-laki, dan labia myora pada janin perempuan sudah berkembang dengan baik.

f)

RANGKUMAN

Perkembangan janin dibagi menjadi tiga tahap: pre-embriionik (fertilisasi hingga minggu ke-2), embriionik (minggu ke-2 hingga ke-8), dan janin (minggu ke-9 hingga kelahiran). Pada tahap embriionik, semua sistem organ mulai terbentuk, sedangkan pada tahap janin, terjadi pertumbuhan dan pematangan organ hingga siap untuk kelahiran. Perubahan signifikan dalam berat dan panjang tubuh terjadi seiring bertambahnya usia kehamilan.

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Tahap perkembangan janin yang berlangsung dari minggu ke-9 setelah konsepsi hingga kelahiran disebut ...
 - a. Pre-embrionik
 - b. Embrionik
 - c. Janin
 - d. Blastokista
 - e. Zigot
 2. Pada akhir minggu ke-12, pertumbuhan janin menunjukkan perubahan signifikan, yaitu ...
 - a. Panjang tubuh menjadi tiga kali lipat
 - b. Berat badan menjadi tiga kali lipat dan panjang dua kali lipat
 - c. Organ internal mulai terbentuk
 - d. Sistem saraf mulai berkembang
 - e. Organ Eksternal mulai terbentuk
 3. Selama minggu ke-34 hingga 36, perubahan yang terjadi pada janin adalah ...
 - a. Pembentukan lanugo lebih tebal
 - b. Kulit janin mulai transparan
 - c. Pembentukan lemak tubuh mencapai sekitar 16% dari total massa
 - d. Panjang janin tetap konstan
 - e. Janin aktif bergerak
 4. Salah satu perkembangan pada janin di minggu ke-38 hingga 40 adalah ...
 - a. Testis janin laki-laki mulai terbentuk
 - b. Pembentukan plasenta terjadi secara penuh
 - c. Janin memiliki refleks isap yang kuat
 - d. Jaringan paru-paru belum berkembang sempurna
 - e. Panjang janin tetap konstan
-

5. Pada akhir minggu ke-8, perubahan utama yang terjadi pada embrio adalah ...
- a. Mulai terbentuk sistem saraf pusat
 - b. Pembentukan jari kaki dimulai
 - c. Semua sistem organ dan struktur eksternal telah terbentuk
 - d. Janin mulai mengeluarkan urin
 - e. Testis janin laki-laki mulai terbentuk

BAB VIII

GENETIKA MANUSIA, PENURUNAN SIFAT DAN KELAINAN GENETIK

Tujuan pembelajaran :

Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

- a. Menjelaskan genetika manusia, penurunan sifat dan kelainan genetik
- b. Menjelaskan macam-macam organel sel dan fungsinya

1. ORGANEL-ORGANEL SEL

a. Organel-organel sel

1) Nukleus

Nukleus atau inti sel merupakan organel yang terbesar di dalam sel, terdapat di semua sel eukariotik (sel yang materi intinya terbungkus membran). Pada umumnya sel mengandung satu nukleus, tetapi pada beberapa organisme ada yang lebih dari satu. Bentuk inti sel biasanya bulat, lonjong atau tidak beraturan, dengan garis tengah ± 10 nm dan panjang ± 20 nm, terletak di sekitar bagian tengah sel.

Nukleus dibungkus oleh dua lapis membran lipoprotein yang masing-masing dipisahkan oleh celah sebesar 20 - 30 nm. Membran luar yang berbatasan dengan sitoplasma berhubungan langsung dengan retikulum endoplasma dan akhirnya ke membran plasma. Pada membran inti terdapat pori-pori yang memungkinkan pertukaran zat antara nukleus dan sitoplasma, misalnya RNA dan protein.

Matriks di dalam nukleus disebut nukleoplasma, di dalamnya terkandung berbagai macam enzim, protein, kromosom, dan nukleolus (anak inti). Komponen utama penyusun kromosom ialah protein dasar yang disebut histon dan DNA (asam dioksi ribonukleat). DNA merupakan substansi genetika yang mampu melakukan replikasi (mengganda) pada saat sel berkembang biak (membelah diri). Pada saat sel tidak sedang membelah, kromosom tampak seperti benang-benang halus yang panjang dan disebut kromatin. Jumlah kromosom pada sel berbagai spesies bervariasi, tetapi jumlah tersebut cenderung tetap pada setiap spesies. Nukleolus (anak inti)

berbentuk bulat, terdapat di dalam nukleoplasma dan hanya tampak setelah berakhirnya proses pembelahan sel. Nukleolus mempunyai peran dalam sintesis RNA, ribosom yang akan dikeluarkan dari inti ke sitoplasma.

2) Retikulum endoplasma

Retikulum endoplasma (RE) tersusun atas tumpukan kantung (rongga) dari membran yang sejajar dan membentuk suatu sistem yang tersebar seperti jala di seluruh bagian sitoplasma. Struktur membrannya sama dengan membran plasma yang membentuk tubula (saluran), sisternae (rongga pipih), dan vesikula (gelembung).

Ruang-ruang yang terbentuk di antara membran yang sejajar menyebabkan sistem RE tampak seperti saluran-saluran rumit dan pada beberapa bagian berhubungan dengan membran plasma atau membran nukleus. Retikulum endoplasma dibedakan atas:

- a) Retikulum Endoplasma kasar (RE kasar), adalah retikulum endoplasma yang pada permukaan membrannya menempel sejumlah ribosom, yaitu suatu organel yang berperan pada sintesis protein. Protein hasil sintesis ribosom masuk ke sisterna dan ditranspor (melalui RE kasar) ke organel lain, misalnya badan golgi.
- b) Retikulum Endoplasma halus (RE halus), pada permukaan membrannya tidak ditempeli ribosom dan berperan pada sintesis lemak dan steroid. Hasil sintesis tersebut selanjutnya disekresikan ke dalam retikulum endoplasma untuk diangkut ke bagian-bagian sel lainnya, misalnya ke badan Golgi, vakuola atau dikeluarkan dari sel secara eksositosis. Retikulum Endoplasma hanya ditemukan pada sel eukariotik baik sel hewan maupun sel tumbuhan.

3) Ribosom

Ribosom merupakan organel berbentuk bulat yang tersusun atas nukleoprotein, yaitu senyawa protein dengan RNA. Pada sel prokariotik ribosom berukuran ± 20 nm, tetapi pada sel eukariotik ukurannya lebih kecil. Sebagian ribosom melekat pada membran retikulum endoplasma membentuk kelompok-kelompok yang disebut polisom, selebihnya tersebar di dalam

sitosol, bahkan dijumpai pada organel lain seperti mitokondria dan kloroplas pada sel tumbuhan. Telah dikemukakan di atas bahwa ribosom berperan pada sintesis protein.

4) Badan mikro

Badan mikro merupakan organel berbentuk bulat, tersusun atas selapis membran, tidak memiliki struktur dalam dengan diameter 0,5-1,5 nm. Badan mikro merupakan organel yang dihasilkan dari retikulum endoplasma. Badan mikro dibedakan menjadi dua, yaitu peroksisom dan glioksisom.

- a) Peroksisom merupakan organel yang ditemukan pada jaringan fotosintesis tumbuhan (kloroplas), sedangkan pada hewan banyak dijumpai pada sel-sel hati dan ginjal. Peroksisom menghasilkan beberapa enzim metabolisme a – 1. Enzim asam glikolat oksidasi yang berperan pada proses oksidasi glikolat menjadi asam glioksilat dan H₂O₂ yang merupakan salah satu rangkaian proses fotorespirasi pada tumbuhan. Hidrogen peroksida (H₂O₂) dihasilkan dari beberapa reaksi biokimia di dalam sel tumbuhan ataupun sel hewan yang bersifat racun. Selanjutnya, akan diuraikan oleh enzim katalase yang juga terdapat di dalam peroksisom menjadi senyawa yang tidak beracun.
- b) Glioksisom, menghasilkan enzim yang berfungsi untuk menguraikan molekul lemak menjadi karbohidrat selama perkecambahan, dalam reaksi ini pun dihasilkan H₂O₂ yang kelak akan diuraikan oleh enzim katalase. Kerja enzim katalase sangat cepat sekali, hal ini dapat ditunjukkan dengan meneteskan H₂O₂ pada hati segar.

5) Badan golgi

Badan golgi ditemukan oleh Camillio Golgi pada tahun 1898. Tersusun atas tumpukan kantung-kantung pipih (sisterna) dan di bagian tepinya terdapat gelembung (vesikula). Badan golgi tersebar pada seluruh sitoplasma, berukuran panjang 1 – 3 μ dan lebar 0,5 μ, pada sel-sel kelenjar dan sel saraf ukurannya relatif besar dibandingkan dengan yang terdapat pada sel-sel otak. Gelembung (vesikula) dari badan golgi dapat lepas dan bergerak ke permukaan sel untuk menyekresikan isinya ke luar sel.

Badan golgi pada sel hewan menghasilkan enzim pencernaan dari kelenjar-kelenjar pencernaan, organel ini juga menyintesis polisakarida tertentu yang akan ditambahkan pada protein yang berasal dari ribosom, membentuk glikoprotein berupa musin (lendir).

Pada sel tumbuhan, badan golgi berisi polisakarida dan protein untuk membentuk dinding sel, di samping itu juga menghasilkan lendir, misalnya untuk melumasi ujung akar pada waktu menembus tanah. Lendir, lilin pada tanaman perca (karet), dan sekresi yang bersifat lengket dihasilkan oleh badan golgi, bahkan juga kadang-kadang berperan dalam transpor lemak. Pada tumbuhan, badan golgi disebut diktiosom.

6) Lisosom

Lisosom merupakan organel yang sangat kecil dibandingkan dengan organel-organel lain. Umumnya berukuran $0,2 - 0,5 \mu\text{m}$. Lisosom dihasilkan oleh badan golgi (berasal dari vesikula badan golgi yang lepas) dan tersebar di sitoplasma dalam jumlah besar. Lisosom terdapat hampir pada semua sel eukariotik.

Di dalam lisosom terdapat bermacam-macam enzim hidrolitik, seperti protease, lipase, dan fosfatase yang berperan di dalam pencernaan intraseluler, sebagai pengurai berbagai substansi di dalam sel. Substansi tersebut sebagian berasal dari luar, seperti polisakarida, lemak, dan protein, termasuk juga bakteri yang ditangkap secara fagositosis. Secara ringkas, fungsi lisosom adalah sebagai berikut.

- a) Mencerna substansi yang diambil secara endositosis, misalnya pada sel darah putih yang memakan bakteri.
- b) Autofagosit, suatu proses peleburan struktur-struktur yang tidak dikehendaki di dalam sel, misalnya menghancurkan organel lain yang sudah tidak berfungsi lagi.
- c) Eksositosis.
- d) Autolisis, yaitu penghancuran diri sel dengan cara membebaskan semua isi lisosom dalam sel, misalnya penghancuran ekor pada kecebong pada waktu menginjak dewasa dengan cara menyerap kembali ekornya.

7) Mitokondria

Mitokondria berbentuk bulat, oval atau batang dengan diameter 0,5-0,1 μm dan panjang 1-4 μm . Terdapat pada semua sel eukariotik aerob dan jumlahnya bervariasi. Pada sel yang aktivitasnya tinggi, seperti sel saraf, sel otak, sel hati, dan sel spermatozoid terdapat ratusan bahkan ribuan mitokondria.

Mitokondria memiliki dua lapis membran yang terpisah, struktur membran luar mirip dengan membran plasma. Membran dalam memiliki lipatan-lipatan ke arah dalam yang disebut krista. Dengan adanya krista, permukaan membran dalam menjadi lebih luas sehingga proses respirasi sel semakin efektif. Proses respirasi terjadi di dalam krista dan matriks.

Di dalam matriks terdapat DNA, RNA, ribosom, serta bermacam-macam enzim yang mengendalikan tahap-tahap reaksi respirasi sel. Reaksi respirasi yang berlangsung di dalam mitokondria adalah dekarboksilasi oksidatif daur Krebs berikut transfer elektron.

8) Mikrotubulus

Mikrotubulus terdapat pada sel hewan dan sel tumbuhan, berbentuk silinder atau tabung dan tidak bercabang-cabang. Panjangnya mencapai beberapa mikrometer dengan diameter luar $\pm 25 \mu\text{m}$ dan diameter dalam 12 μm . Mikrotubulus tersusun atas molekul-molekul protein tubulin yang terangkai dalam susunan heliks (terpilin) membentuk dinding silinder berongga.

Organel ini bersifat kaku, dan berperan sebagai kerangka sel (sito skeleton) yang mampu memelihara bentuk sel agar tetap. Fungsi mikrotubulus yang lain adalah membantu transportasi zat, merupakan komponen utama penyusun silia, flagel, sentriol serta benang-benang spindel selama berlangsungnya pembelahan sel.

9) Mikrofilamen

Mikrofilamen merupakan benang-benang halus dengan diameter berkisar antara 5-7 μm . Benang-benang ini tersusun atas protein aktin dan protein myosin dalam jumlah kecil. Mikrofilamen mempunyai peran sebagai

rangka sel (sito skeleton) dan berperan dalam proses endositosis dan eksositosis. Selain itu, mikrofilamen memiliki peranan penting pada kontraksi otot.

10) Sentrosom

Sentrosom hanya dimiliki oleh sel hewan dan berperan pada proses pembelahan sel, yaitu mengatur gerakan kromosom. Organel ini terdiri atas dua sentriol dan diliputi oleh sitoplasma yang disebut sentrosfer. Sentriol berbentuk silinder dengan diameter $\pm 0,2 \mu\text{m}$ yang tersusun atas mikrotubula. Sentriol terletak dekat inti sel. Pada waktu sel sedang membelah sentriol berduplikasi sehingga terbentuk 2 pasang. Selanjutnya tiap pasangan saling memisahkan diri menuju ke kutub berlawanan dan membentuk benangbenang spindel

2. Fungsi Organel Sel

1) Nukleus

Nukleus adalah inti sel. Inti sel berhubungan dengan kandungan DNA. Volume nukleus bertambah seiring dengan peningkatan aktivitas sintesis sel.

2) Retikulum endoplasma

Retikulum endoplasma (RE) terdiri dari RE Kasar dan RE halus Fungsi RE halus: mengangkut protein yang disusun pada RE kasar bersama Golgi Komplek, melaksanakan reaksi awal pada oksidasi lemak, menyimpan fosfolipid, glikolipid dan steroid, melaksanakan detoksifikasi drug dan racun.

3) Ribosom

Ribosom adalah organel pen-sintesis protein. Ribosom sering menempel satu sama lain membentuk rantai yang disebut poliribosom atau polisom. Antar unit ribosom diikat oleh mRNA. Berdasarkan kecepatan sedimentasi, dibedakan menjadi ribosom subunit kecil (40s) dan ribosom subunit besar (60s)

4) Badan mikro

Peroksisom dibentuk dalam retikulum endoplasma granular. Peroksisom mengandung berbagai enzim yang terlibat dalam produksi

peroksida hidrogen (H_2O_2). Fungsi peroksisom yaitu penghasil enzim katalase yang menguraikan H_2O_2 menjadi $H_2O + O_2$

5) Badan golgi

Aparatus golgi terdiri atas kumpulan vesikel pipih yang berbentuk kantong berkelok-kelok (sisternae). Aparatus Golgi yang terdapat pada sel tumbuhan disebut diktiosom, kebanyakan terletak di dekat membran sel. Aparatus golgi dapat bergerak mendekati membran sel untuk mensekresikan isinya ke luar sel. Oleh karena itu, organel ini disebut organes sekresi. Di dalam aparatus golgi banyak enzim pencernaan yang belum aktif, seperti zimogen dan koenzim. Selain itu dihasilkan pula lendir yang disebut musin. Aparatus golgi juga dapat membentuk lisosom

6) Lisosom

Lisosom dihasilkan oleh aparatus golgi yang penuh dengan protein. Lisosom menghasilkan enzim-enzim hidrolitik seperti proteolitik, lipase, dan fosfatase. Enzim hidrolitik berfungsi untuk mencerna makanan yang masuk ke dalam sel secara fagositosis. Lisosom juga menghasilkan zat kekebalan sehingga banyak dijumpai pada sel-sel darah putih. Lisosom juga bersifat autolisis, autofagi, dan menghancurkan makanan secara edositosis. Ada dua macam lisosom, yaitu lisosom primer dan sekunder. Lisosom primer memproduksi enzim-enzim yang belum aktif. Fungsinya adalah sebagai vakuola makanan. Lisosom sekunder adalah lisosom yang terlibat dalam kegiatan mencerna. Ia berfungsi sebagai autofagosom.

7) Mitokondria

Pada beberapa sel, mitokondria dapat bergerak bebas membawa ATP ke daerah-daerah yang memerlukan energi. Mitokondria tersusun atas 2 sistem membran yaitu membran dalam dan membran luar. Membran dalam membentuk tonjolan-tonjolan ke arah dalam (membran krista) untuk memperluas bidang penyerapan oksigen. Matriks Mitokondria mengandung protein, lemak, enzim sitokrom, DNA & ribosom sehingga memungkinkan sintesis enzim-enzim respirasi secara otonom. Untuk melintasi membran

mitokondria memerlukan mekanisme transpor aktif. Fungsi Mitokondria adalah sebagai tempat berlangsung respirasi untuk menghasilkan energi.

8) Mikrotubulus

Mikrotubulus berfungsi untuk membentuk silia, sentriol dan benang-benang spindle.

9) Mikrofilamen

Mikrofilamen adalah penanggung jawab seluruh gerakan di dalam sel

10) Sentrosom

Fungsi Sentrosom, selama pembelahan sel, adalah untuk mempertahankan jumlah kromosom. Replikasi DNA selama pembelahan sel disertai dengan pemisahan Sentrosom menjadi dua, masing-masing memiliki satu sentriol. Kedua sentrosom menempel pada kutub yang berlawanan dari inti. Setelah larut dalam membran inti, mereka membentuk spindle, terhubung satu sama lain dengan pembentukan serat gelendong antara mereka.

3. Penurunan Sifat

1) Pengertian Genetika

Genetika adalah ilmu yang mempelajari tentang gen-gen yang terdiri dari serangkaian asam deoksiribonukleat. Beberapa gen dikemas menjadi satu menjadi kromosom dan diwariskan dari orang tua kepada anak-anaknya. Pewarisan informasi genetik adalah suatu peristiwa pemastian bahwa pewarisan gen antar generasi terjadi tanpa kesalahan dan pemberian kesempatan untuk terjadinya variasi gen agar spesies dapat beradaptasi dan bertahan hidup.

2) Konsep pewarisan sifat

Pewarisan sifat atau hereditas merupakan penurunan sifat dari induk (orang tua) kepada keturunannya (anak). Ilmu yang mempelajari tentang pewarisan sifat ini disebut genetika. Sifat-sifat suatu makhluk hidup diwariskan melalui sel kelamin jantan dan kelamin betina.

a) Kromosom

Kromosom adalah materi genetic yang berupa benang –benang halus (kromatin) yang berfungsi sebagai pembawa informasi genetic kepada keturunannya. Setiap inti sel suatu mahluk hidup memiliki 2 jenis kromosom yaitu kromosom tubuh (autosom) dan kromosom kelamin (gonosom).

- Kromosom tubuh (Autosom)

Kromosom tubuh berfungsi untuk menentukan sifat–sifat tubuh suatu organisme. Kromosom tubuh dilambangkan dengan “A” yang berasal dari kata autosom yang terdiri dari 22 pasang atau berjumlah 44 buah. Autosom terletak pada sel tubuh dan berpasangan sehingga disebut kromosom (ditulis dengan $2n$).

- Kromosom kelamin (Gonosom)

Berfungsi untuk menentukan jenis kelamin suatu organisme. Gonosom berjumlah 1 pasang atau 2 buah, gonosom pada laki-laki dilambangkan dengan “XY” dan pada perempuan dilambangkan dengan “XX”. Gonosom terletak pada sel kelamin dan tidak berpasangan sehingga disebut kromosom haploid (ditulis dengan n).

b) Gen

Komposisi dan susunan gen-gen didalam tubuh mahluk hidup disebut genotipe. Genotipe setiap mahluk hidup berbeda-beda yang dapat menentukan sifat suatu mahluk hidup tersebut. Pada dasarnya, genotipe adalah sifat pada mahluk hidup yang tidak terlihat. Genotype inilah yang nantinya akan muncul sifat fenotipe. Fenotipe adalah sifat pada mahluk hidup yang dapat terlihat. Sifat fenotipe adalah perpaduan antara sifat genotipe dan lingkungannya. Pada umumnya, suatu gen dinyatakan dengan symbol huruf. Huruf capital menyatakan gen yang bersifat dominan, misalnya M (merah), sedangkan huruf kecil menyatakan gen bersifat resesif, misalnya m (putih). Gen selalu berpasangan misalnya MM, Mm, atau mm disebut homozigot, sedangkan gen yang berbeda jenisnya seperti Mm disebut heterozigot.

Jika gen dominan bersama-sama dengan gen resesif, sifat yang akan tampak adalah sifat yang dibawa oleh gen dominan dan sifat yang dibawa oleh gen resesif tidak akan muncul.

c) Hukum Mendel

Hukum pewarisan mendel adalah hukum mengenai pewarisan sifat pada organisme yang dijabarkan oleh Gregor Johann Mendel dalam karyanya “Percobaan mengenai Persilangan Tanaman”. Hukum ini terdiri dari dua bagian:

(1) Hukum pemisahan (segregation) dari Mendel juga dikenal sebagai Hukum 1 Mendel. Menyatakan “pada pembentukan gamet kedua gen yang merupakan pasangan akan dipisahkan dalam dua sel anak”. Hukum ini berlaku untuk persilangan monohybrid (persilangan dengan satu sifat beda) Secara garis besar, hukum ini mencakup tiga pokok :

- Gen memiliki bentuk-bentuk alternative yang mengatur variasi pada karakter turunannya. Ini adalah konsep mengenai dua macam alel; alel resesif (tidak selalu nampak dari luar, dinyatakan huruf kecil) dan alel dominan (nampak dari luar, dinyatakan huruf besar)
- Setiap individu membawa sepasang gen, satu dari tetua jantan
- Jika sepasang gen ini merupakan dua alel yang berbeda, alel dominan akan selalu terekspresikan (Nampak secara visual dari luar). Alel resesif yang tidak selalu terekspresikan tetap akan diwariskan pada gamet yang dibentuk pada turunannya.

(2) Hukum berpasangan secara bebas (independent assortment) dari Mendel, juga dikenal sebagai Hukum 2 Mendel. Menurut hukum ini, setiap gen/sifat dapat berpasangan secara bebas dengan gen/sifat lain. Hukum Mendel 2 ini dapat dijelaskan melalui persilangan dihibrid, yaitu persilangan dengan dua sifat yang berbeda, dengan dua alel yang berbeda. Hukum Mendel 2 ini hanya berlaku untuk gen yang letaknya berjauhan. Hukum ini tidak berlaku untuk persilangan monohybrid.

4. Kelainan Genetik

Kelainan genetik dapat disebabkan oleh kelainan kromosom maupun mutasi gen dominan maupun gen resesif pada autosom maupun kromosom seks. Kelainan kromosom dapat berupa kelainan jumlah maupun struktur, seperti sindrom Down atau trisomi 21, sindrom Patau atau trisomi 13, sindrom tangis kucing atau sindrom de Grouchy. Beberapa kelainan dapat juga dipengaruhi oleh faktor genetik seperti asma, hipertensi, schizophrenia, obesitas, dan penyakit Parkinson.

Kelainan kromosom sering menjadi penyebab keguguran, bayi meninggal sesaat setelah dilahirkan, maupun bayi yang dilahirkan dengan Sindrom Down. Kromosom merupakan tempat DNA atau zat dasar genetik yang mencetak manusia. Kromosom adalah untaian materi genetik (DNA) di dalam setiap sel makhluk hidup. Setiap sel normal mempunyai 46 kromosom yang terdiri dari 22 pasang kromosom kromosom tubuh (autosom, kromosom 1 s/d kromosom 22) dan satu pasang kromosom seks (kromosom X dan Y) yang menentukan jenis kelamin.

Manifestasi kelainan kromosom antara lain pertumbuhan terhambat, keterlambatan perkembangan mental, kelainan bentuk muka, cacat tubuh lebih dari satu jenis (misalnya kebocoran katup jantung, bibir sumbing dan retardasi mental), kelainan alat kelamin mempunyai riwayat lahir meninggal atau kematian pada bulan pertama kelahiran.

Selain kelainan kromosom, kelainan genetik dapat disebabkan oleh adanya mutasi gen dominan maupun gen resesif pada autosom maupun pada kromosom seks, seperti Dentogenesis imperfecta, Akondroplasia, albino, bisu tuli, hemofilia, butawarna merah hijau, thalasemia dan penilketonuria (PKU). Sedangkan kelainan kromosom dapat berupa kelainan jumlah kromosom (seperti sindrom Down, sindrom Turner atau sindrom Klinefelter), kelainan struktur kromosom (seperti Cri du chat syndrome, sindrom de Grouchy) maupun kromosom mosaik.

Insiden dan prevalensi penyakit genetik yang disebarkan genetik beragam dari berbagai suku bangsa, daerah geografis, atau jenis kelamin. Prevalensi penyakit genetik adalah 58 dari 1.000 kelahiran, sedangkan di Indonesia 5-15%. Kelainan jumlah kromosom seperti sindrom Down (trisomi 21) adalah kelainan yang paling sering terjadi dengan frekuensi 1 dari 700 kelahiran bayi dan lebih sering terjadi pada ibu hamil pada usia di atas 35 tahun. Trisomi 13 (sindrom Patau) sangat jarang terjadi.

dengan frekuensi 1 dari 8.000 sampai 10.000 bayi lahir dan biasanya gejalanya sangat berat sehingga dapat menyebabkan kematian beberapa jam atau beberapa minggu setelah kelahiran. Trisomi 18 (sindrom Edward) juga jarang terjadi dengan frekuensi 1 dari 1.500 bayi lahir dengan gejala antara lain retardasi mental, gangguan pertumbuhan, ukuran kepala dan pinggul yang kecil dan kelainan pada tangan dan kaki.

Sebagian besar penyakit disebabkan oleh faktor lingkungan (non genetik) dan sebagian lain ada yang disebabkan oleh interaksi antara gen dengan lingkungan. Beberapa penyakit yang selain dipengaruhi oleh lingkungan, sebagian kecil bisa dipengaruhi oleh faktor genetik seperti hipertensi primer, asma, schizoprenia, penyakit Parkinson dan sebagainya. Di Indonesia belum ada data pasti dan menyeluruh tentang prevalensi penyakit-penyakit genetik dan penyakit yang dapat dipengaruhi oleh faktor genetik tersebut, baik lingkup yang sempit maupun lingkup yang luas.

5. Analisis Kromosom Dan Sitogenetika

a. Pengertian Sitogenetika

Cytogenetics adalah gabungan antara cytology (studi tentang sel) dan genetika, yang berusaha menjelaskan hubungan antara kejadian-kejadian di dalam sel (khususnya kromosom) dengan fenomena genetis. Lebih jelasnya, cytology adalah cabang ilmu biologi yang membicarakan tentang besar (ukuran), struktur dan riwayat hidup kromosom, sedangkan cytogenetics adalah studi tentang struktur kromosom dan tingkah laku kromosom selama proses mitosis dan meiosis.

b. Teori kromosom.

Istilah kromosom diberikan untuk pertama kalinya oleh Weyder pada tahun 1882 untuk benda-benda halus berbentuk benang panjang atau pendek yang dapat dilihat di dalam nukleus. Kromosom ikut membelah pada waktu pembelahan inti berlangsung, lebih dahulu diketahui oleh Schneider pada tahun 1873 dan Strasburger di tahun 1875, yang dikuatkan oleh Flemming pada tahun 1882 serta Van Beneden di tahun 1883 yang melihat bahwa setiap kromosom ikut membelah secara longitudinal di waktu pembelahan inti. Selanjutnya Rabl dan Boveri di

tahun 1885 berpendapat bahwa tiap-tiap spesies memiliki jumlah kromosom yang tetap dan bahwa ada hubungan antara kromosom dan gen-gen yakni gen-gen terdapat dalam kromosom. Pada tahun 1901, Montgomery menunjukkan kromosom-kromosom terdapat dalam pasangan-pasangan dengan bentuk dan ukuran yang mudah dibedakan satu dari yang lain dan juga dibuktikan bahwa berpasangannya kromosom homolog itu menyangkut kromosom-kromosom yang berasal dari induk jantan dan induk betina. Sedangkan Sutton dan Boveri dalam tahun 1903 berhasil memperlihatkan dengan jelas bahwa benar ada hubungan antara kromosom dan keturunannya. Dalam sel somatis terdapat dua kelompok kromosom yang serupa yaitu yang satu berasal dari induk betina dan yang lainnya berasal dari induk jantan, yakni terdapat kromosom dalam pasangan homolog yang sejajar dan terdapatnya gen-gen dalam pasangan. Kromosom memiliki sifat morfologi yang tetap sepanjang berbagai pembelahan sel dan setiap kromosom atau pasangan kromosom mempunyai peranan tertentu dalam kehidupan dan perkembangan individu. Kromosom terletak di sel nukleus (sel gonad maupun sel somatid) dengan jumlah yang sama dalam suatu individu. Tiap kromosom disebut juga sebagai kromatin yang tersusun atas dua kromatid yang berhadapan. Pada kromatin inilah lokasi gen (lokus), yang didalamnya terdapat alel alel sebagai penyandi protein ataupun enzim yang menjaga dan memengaruhi sistem biokimia yang ada pada organisme. Prinsip kerja untuk mengidentifikasi kromosom disebut karyotyping, yaitu pengamatan kromosom dengan memanfaatkan teknik pewarnaan dan menggunakan mikroskop untuk mengamati pemendarannya. Jaringan yang bisa digunakan untuk karyotyping misalnya: embrio, larva ikan, epitel sirip atau sisik, leukosit serta ovarium dan testis. Dari beberapa jenis jaringan/sel di atas yang paling mudah untuk menampilkan kromosom adalah menggunakan sel leukosit (sel darah). Karena sel leukosit ini paling mudah untuk dikultur dan dikondisikan pada tahap mitosis, sedangkan sel darah merah tidak dapat digunakan untuk karyotyping karena tidak memiliki inti sel. Karyotyping diawali dengan preparasi sel menuju tahap metafase dengan suatu teknik kultur untuk merangsang sel mencapai tahap metaphase misalnya penggunaan colchicines. Meratanya kromosom-kromosom pada metafase

merupakan saat yang paling baik untuk menghitung jumlah kromosom dan membandingkan ukuran serta morfologi dari kromosom dan penentuan jumlah kromosom diambil dari frekuensi tertinggi atau modus.

c. Nomenklatur dan morfologi kromosom.

Nomenklatur adalah cara pemberian nama atau istilah suatu kromosom, sedangkan morfologi merupakan struktur tubuh sebuah kromosom. Setiap kromosom memiliki sentromer, karena sentromer berfungsi sebagai tempat berpegangannya benang-benang plasma dari spindel atau gelendong inti di waktu pembelahan sel berlangsung. Apabila benang spindel berkontraksi sehingga memendek, maka kromosom bergerak (tertarik) ke arah kutub sel (pada stadium anafase). Kromosom yang tidak memiliki sentromer disebut kromosom asentris, yang biasanya labil dan mudah hancur dan hilang dalam plasma. Jika pada sebuah kromosom dapat ditemukan beberapa sentromer sehingga kerap kali sukar mengenalnya, maka sentromer itu dinamakan diffuse centromere. Ada cara untuk memudahkan tujuan itu ialah dengan memberikan zat penghalang mitosis sebelum pemberian warna pada preparat, misalnya paradiklorobensen dan kolkisin.

Meskipun posisi sentromer suatu kromosom tertentu tetap, namun dapat berbeda pula bagi kromosom yang lain. Kromosom dapat dibagi menjadi lima kelompok berdasarkan letak sentromer, yaitu: telosentrik, subtelosentrik, akrosentrik, metasentrik dan submetasentrik. Tetapi pada umumnya penggolongan yang selalu digunakan adalah metasentrik (sentromer terletak di tengah-tengah sehingga keempat lengan kromosom sama panjang), submetasentrik (sentromer terletak agak ke atas sehingga lengan atas kromosom lebih pendek dari lengan kromosom bawah) dan akrosentrik (sentromer terletak di ujung atas sehingga terdapat dua lengan kromosom yang jauh lebih panjang).

Identifikasi kromosom dapat dilakukan antara lain berdasarkan: klasifikasi/tipe kromosom (Metasentris, telosentris, akrosentris) dan ukuran, diurutkan dari kromosom terbesar diikuti kromosom kecil di bawahnya dan banding patterns/pola khas kromosom kelamin.

d. Fungsi analisis kromosom

Beberapa fungsi dasar dari analisis kromosom suatu organisme adalah:

- 1) Sebagai petunjuk proses evolusi. Ikan yang memiliki kesamaan jumlah kromosom memiliki kedekatan yang lebih besar dari ikan yang jumlah kromosomnya berbeda.
- 2) Identifikasi spesies.
- 3) Identifikasi stok (populasi) untuk tujuan manajemen (keragaman kromosom antar spesies pada ikan nila sebagai contoh. Bisa digunakan untuk menghasilkan monosex dari perkawinan *T. nilotica* (XX) dengan *T. hornorum* jantan (ZZ).
- 4) Dalam suatu spesies ikan yang sama, bisa memiliki jumlah kromosom yang berbeda. Derajat kesamaan kromosom dan kesamaan morfologi dapat digunakan untuk mengestimasi hubungan antar spesies dari tingkat genus sampai ordo.
- 5) Taksonomi modern dikembangkan berdasarkan sekuensing kromosom.
- 6) Variasi dalam populasi menunjukkan keragaman genetik suatu spesies.
- 7) Variasi antar populasi dapat digunakan untuk memperkirakan hubungan dalam proses evolusi (menentukan tingkatan kedekatan dalam taksonomi).

e. Ciri dasar analisis kromosom

Beberapa ciri dasar yang digunakan untuk analisis:

- 1) Setiap spesies punya kandungan DNA atau ADN yang khas, terbungkus dalam satu set kromosom yang khas pula yakni: komposisi kimia (ADN dan protein) dan atribut fisik (terlihat pada metafase dari mitosis). Dicitrakan oleh posisi sentromer: bisa metasentris, akrosentris atau telosentris. Dapat juga menggunakan kelainan-kelainan fisik (physical anomalies) untuk kepentingan identifikasi, misalnya terdapat satelit.
- 2) Perubahan jumlah kromosom atau komposisi fisik yang disebabkan oleh perubahan-perubahan genetik yang dapat digunakan sebagai:
 - a) dasar untuk analisis dan diagnosis penyakit-penyakit genetik pada manusia.
 - b) dapat digunakan untuk menentukan hubungan evolusi dan akibat-akibat dari usaha langsung untuk mengubah komposisi kromosom, misalnya induksi polyploidi.
 - c) Jumlah ADN dan jumlah kromosom yang umumnya bersifat sebagai petunjuk (indikatif) bagi status evolusi.

f. Kriteria umum analisis kromosom

Dalam banyak kasus, yang diukur adalah jumlah kromosom dan struktur fisik. Dapat juga menggunakan parameter lain misalnya kandungan DNA, rasio basa, dsb..

Persyaratan untuk memperoleh data: kromosom harus dalam keadaan kondens (condensed state), harus dalam susunan dua dimensi (two dimensional array), harus dalam fase yang sama dari siklus sel dan harus bisa diamati (must be able to see them). Ketiga syarat pertama diperoleh dengan menggunakan jaringan yang cepat membelah (rapidly dividing tissue). Beberapa cara yang digunakan:

- Sumber alam: embrio dini, insang, ginjal, dasar sisik (pada ikan yang masih muda) dan epitel mata.
- Induced rapid division: sayat bagian sirip dan gunakan jaringan yang sedang tumbuh (regenerating tissue).
- Sistem buatan (artificial system): kultur sel, leukosit.
- Pilihan bergantung pada kebutuhan kerja dan persediaan bahan.

Perlakuan untuk berhenti pada suatu fase dari pembelahan sel, misalnya metafase. Jenis bahan kimia untuk mencegah kromosom bermigrasi ke kutub-kutub seperti: colchicine, colcemid, velbon, cytochalasin B dsb..

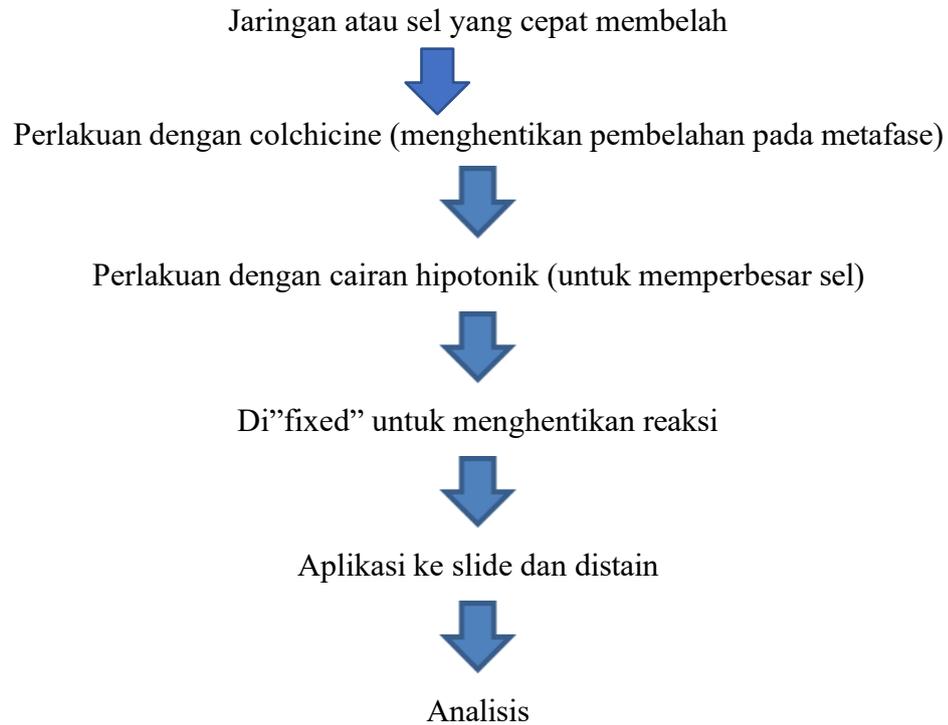
Untuk memperbesar sel agar kromosom menyebar (swell the cell to spread out chromosomes) digunakan cairan hipotonik: akuadestilata, sitrat hipotonik. Proses fiksasi untuk menghentikan reaksi dan mematikan sel. Yang paling umum adalah menggunakan etanol dan asam asetat dengan rasio 3 : 1.

Proses aplikasi ke "slide" dan di "stain" (dibercak). Metode aplikasi ke slide bervariasi sesuai dengan bahan yang digunakan, misalnya untuk jaringan (insang, ginjal, dsb.) digunakan tehnik squash. Untuk sel (misalnya kultur sel), sebarkan pada slide lalu difixed (dipanaskan/heated). Cara stain umumnya untuk ADN atau nukleoprotein. Stain yang dipakai misalnya: Giemsa, aceto-orecin, crystal-violet, dsb..

Proses observasi di bawah mikroskop untuk menentukan karyotipe yakni memasang kromosom yang tampak sama (pairing the chromosomes that looked the same), serta memerhatikan adanya kemungkinan perubahan-perubahan pada struktur.

g. Prosedur umum analisis kromosom

Prosedur umum analisis kromosom dalam garis besar dapat digambarkan sebagai berikut:



h. Teknik pembuatan preparat kromosom

Ada banyak cara untuk memperoleh preparat kromosom. Teknik pembuatan preparat yang telah dikenal luas ada dua cara yakni: pembuatan preparat kromosom langsung dari sel-sel organ yang diambil dari tubuh organisme yang masih muda (kebanyakan larva atau anakan dari organisme tersebut), dan melakukan kultur jaringan atau kultur sel. Teknik yang pertama relatif lebih murah dan mudah dibandingkan dengan teknik yang kedua. Akan tetapi, kromosom-kromosom tampak lebih jelas dengan menggunakan teknik yang kedua.

Tujuan utama analisis kromosom adalah mengungkapkan informasi mengenai karakteristik dan morfologi seperti jumlah kromosom, struktur dan tingkah laku kromosom selama pembelahan sel berlangsung. Prinsip-prinsip dasar yang diterapkan secara umum sama untuk setiap spesies organisme. Meski demikian, ada sejumlah modifikasi prosedur atau metode yang berbeda untuk setiap spesies sehingga mendapatkan ciri-ciri pokok kromosom spesies tersebut.

Penyediaan preparat sel yang baik diperlukan dalam menginterpretasi karakteristik kromosom yang dimiliki. Setiap prosedur dalam penyediaan preparat sel atau jaringan memerlukan perhatian yang rinci. Proses ini diawali dengan menyeleksi material jaringan, mengumpulkan serta menyiapkannya sebagai preparat untuk diteliti di bawah mikroskop. Tahapan-tahapan tersebut membutuhkan teknik yang baik dan tepat. Banyak metode telah dikembangkan dalam menangani sel hewan dan tumbuhan, akan tetapi prinsip dasarnya sama yakni: menyeleksi dan mengumpulkan sel atau jaringan; perlakuan awal dengan menggunakan kolkisin, perlakuan dengan larutan hipotonik, fiksasi jaringan, pewarnaan, pembuatan slide preparat, dan merekam data dan pengukuran mikrometri.

i. Seleksi dan koleksi sel atau jaringan

Kromosom-kromosom hanya tampak jelas selama pembelahan sel terjadi. Oleh karena itu, langkah pertama dalam mempersiapkan preparat sel adalah memilih (seleksi) dan mengumpulkan (koleksi) bagian organ organisme untuk mendapatkan sel-sel yang membelah secara aktif.

Analisis kromosom diploid ($2n$) membutuhkan jaringan tubuh (somatic) yang di dalamnya sedang berlangsung pembelahan mitosis. Pembelahan mitosis pada hewan banyak ditemukan pada jaringan muda yang aktif membelah seperti jaringan epitel pada kulit, insang, mantel, tulang belakang dan sel darah putih. Sedangkan pada tumbuhan banyak bersumber dari jaringan meristematik seperti pada ujung daun, kambium dan ujung akar. Callus yang dihasilkan dari kultur jaringan dapat digunakan, akan tetapi sulit untuk menentukan jumlah kromosom.

Kunci keberhasilan utama untuk memperoleh sel-sel yang aktif membelah adalah ketepatan menentukan fase-fase dalam siklus sel. Umumnya jaringan epitel pada insang organisme laut mudah diperoleh dan ditangani. Pada permukaan insang banyak terdapat sel-sel epitel yang terus aktif menyaring makanan yang masuk dan proses pernafasan, sehingga dalam insang (terutama pada tiram muda) lebih banyak terjadi pembelahan mitosis dibandingkan dengan jaringan lainnya. Secara teoritis, material yang paling baik memiliki nilai indeks mitosis (Mitotic Index atau MI) yang tinggi. MI adalah rasio antara jumlah sel-sel yang sedang membelah dengan jumlah sel dalam suatu sampel. Adanya variasi diurnal dalam siklus sel, perbedaan respon

setiap spesies terhadap panjang hari (daylength) dan kondisi temperatur lingkungan sangat menentukan terjadinya pembelahan mitosis sebuah sel atau jaringan. Oleh karena itu, perlu mengetahui waktu mitosis optimum dalam koleksi bagian organ suatu spesies.

Lamanya waktu siklus mitosis berbeda-beda untuk setiap organisme bergantung pada spesies, jaringan, kondisi fisiologis, temperatur dan lingkungannya.

j. Perlakuan dengan larutan hipotonik

Perlakuan larutan hipotonik bertujuan agar sel membesar dan mencegah cairan keluar dari membran. Di samping itu, perlakuan ini juga menghentikan pembentukan spindle, meningkatkan jumlah metafase sel, meningkatkan viskositas sitoplasma serta memfasilitasi penetrasi bahan fiksasi dengan menghilangkan penghalangnya seperti dinding sel. Pada fase metafase kromosom dapat tertahan, sehingga dengan mudah dihitung dan diamati tingkah lakunya.

k. Perlakuan fiksasi

Perlakuan fiksasi bertujuan menstabilkan struktur sel. Fiksasi yang dilakukan tepat pada jaringan yang akan dibuat preparat. Oleh karena itu, organisme dimatikan dulu untuk mengambil jaringan epitel pada insang tiram. Selama proses fiksasi akan terjadi penetrasi bahan-bahan fiksasi ke dalam sel atau jaringan, dimana fiksasi dilakukan sebagai preservasi sel dan strukturnya pada kondisi yang memungkinkan.

Pada prinsipnya, bahan fiksasi yang diserap oleh sel atau jaringan menyebabkan sel-sel berhenti membelah pada tahap tersebut, tanpa mengakibatkan kerusakan, pembengkakan atau penyusutan kromosom, dan tanpa mengubah unsur pokok dalam struktur sel. Dua hal utama yang diperoleh dari proses ini yakni: struktur sel yang semula tidak jelas tampak menjadi lebih jelas, serta struktur sel yang semula rapuh menjadi stabil dan cukup kuat. Faktor-faktor yang memengaruhi fiksasi antara lain: temperatur, pH, tekanan osmotik, kecepatan penetrasi, laju perubahan kimia dan fisika, serta lamanya fiksasi. Fiksasi yang terlalu cepat dapat mengakibatkan hasil yang diperoleh tidak baik.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam fiksasi antara lain: pemilihan bahan fiksasi yang tepat, besar kecilnya organisme (menentukan cepat dan

seragamnya penetrasi bahan fiksasi), rasio volume bahan fiksasi dengan jaringan yang difiksasi (biasanya 10-12 kali), serta karakter jaringan yang difiksasi. Beberapa jaringan tertentu lambat dalam penetrasi. Misalnya, pada tumbuhan, epidermis biasanya dilapisi (covered) dengan lapisan kutikel yang bersifat hidrofobik.

Secara umum perlakuan fiksasi dibedakan atas perlakuan fisik dan kimiawi. Perlakuan secara fisik seperti pendinginan jaringan dalam nitrogen cair telah banyak digunakan untuk sel atau jaringan hewan. Perlakuan ini sangat efektif menjaga struktur sel, karena proses difusi yang sangat kecil dan tidak terjadi perubahan enzim secara signifikan. Kelemahan perlakuan secara fisik yakni dapat menyebabkan terputusnya sel karena adanya kristal es dalam sel atau jaringan. Perlakuan secara kimiawi dengan menggunakan bahan (reagent) kimia seperti larutan carnoy yang telah banyak dipakai dalam penyediaan preparat dari sel segar. Perlakuan secara kimiawi membutuhkan keseimbangan dan ketepatan bahan-bahan yang dipakai. Sebagai contoh, pencampuran larutan asam dan alkohol pada kondisi seimbang dapat menjaga struktur sel pada kondisi yang stabil dan memungkinkan untuk diamati. Akan tetapi, reaksi beberapa asam yang berlebihan dapat menyebabkan struktur sel menyusut.

1. Perlakuan pewarnaan

Pewarnaan terhadap preparat kromosom bertujuan menciptakan perbedaan optikal di antara kromosom dengan struktur sel lainnya sehingga dapat dibedakan di bawah mikroskop. Struktur sel yang spesifik membutuhkan pewarnaan yang spesifik pula. Pewarnaan giemsa sudah dipergunakan secara luas dalam analisis kromosom, yang memberikan warna spesifik yakni biru gelap hingga keunguan. Pewarnaan ini sangat efektif pada kromosom somatik terutama jaringan epitel pada insang, karena kromosom suatu spesies dengan spesies lainnya dapat dibedakan. Hal ini dimungkinkan, karena pewarnaan giemsa secara spesifik dapat memberikan perbedaan yang jelas antara sentromer, kromatin dan telomer pada metafase mitosis.

Beberapa metode yang biasanya digunakan untuk pewarnaan dalam analisis kromosom antara lain:

- 1) C-banding. Untuk identifikasi pasangan tiap kromosom, termasuk kromosom kelamin, tetapi tidak bisa menjelaskan secara rinci kromosom hingga struktur lengan-lenganya.
- 2) Staining of nucleolus organizer region. Perwarnaan silver, pewarna khusus untuk nucleolus organizer region (NORs) yang berguna sebagai genetic marker untuk evolusi.
- 3) Q banding, menggunakan fluorescent dye quinacrin dihydrochlorine, perwarnaan lebih detail sampai basa DNA, juga bisa untuk identifikasi lengan kromosom, dan loci dalam kromosom.

m. Pembuatan slide preparat

Pembuatan slide preparat bertujuan mengoptimalkan kromosom sehingga mudah dilihat di bawah mikroskop. Sel diolesi di atas slide dan diwarnai dengan mencelupkannya ke dalam larutan giemsa. Hal penting yang perlu diperhatikan adalah tidak boleh menggerakkan cover slip karena akan merusak sel.

n. Pemotretan dan pengukuran mikrometri

Pemotretan bertujuan mendapatkan gambar kromosom untuk selanjutnya diukur. Pemotretan dengan menggunakan kamera digital lebih baik dari pada pemotretan secara manual karena dapat difokuskan pada spesimen sehingga bisa jelas mengenali kromosom serta menyediakan secara representatif semua hal yang diamati pada spesimen tersebut. Hasil pemotretan kamera digital mudah diolah dengan menggunakan software pada komputer dan memberikan efek-efek yang jelas tentang morfologi dan tingkah laku kromosom.

Pembacaan dan pengukuran kromosom tidak dapat dilakukan di bawah mikroskop, akan tetapi dilakukan dengan bantuan software. Pengukuran mikrometri digunakan untuk mengukur panjang lengan atau rasio lengan. Hasil pengukuran ini dikalibrasi dengan pembesaran yang digunakan pada lensa mikroskop.

o. Metode analisis kromosom

- 1) Metode penentuan jumlah kromosom diploid ($2n$).

Penentuan jumlah kromosom diploid ($2n$) didasarkan pada jumlah kromosom yang memiliki frekuensi tertinggi atau modus.

- 2) Metode analisis karakteristik kromosom.

Analisis karakteristik kromosom dilakukan mencakup: ukuran kromosom, tipe kromosom dan struktur morfologi kromosom. Data ukuran kromosom diperoleh dari pengukuran mikrometri terhadap ukuran lengan pendek dan lengan panjang, sedangkan panjang relatif kromosom (PRK), rasio lengan kromosom (RLK) serta harga numerik posisi kromosom (HNPS), Analisis struktur morfologi kromosom dilakukan dengan mengamati bagian-bagian kromosom yang sesuai nomenklaturinya, meliputi: kromatid, telomer, sentromer, serta kelainan fisik kromosom seperti keberadaan lekukan sekunder (nucleolar organizer) dan satelit.

3) Metode penyusunan genom kromosom

Genom set kromosom suatu organisme, diperoleh dengan mengurutkan tiap kromosom sesuai panjangnya. Penomoran dimulai dari ukuran terpanjang hingga terpendek berdasarkan PRK.

4) Metode penyusunan kariotipe kromosom

Kariotip kromosom merupakan suatu gambaran lengkap dari kromosom pada metafase dari suatu sel yang tersusun secara teratur dan merupakan pasangan-pasangan dari sel diploid yang normal. Pada sebagian besar hewan, semakin dekat kedudukan taksonominya semakin banyak persamaan bentuk, ukuran dan jumlah kromosomnya. Kesamaan kromosom mungkin saja terdapat pada dua spesies yang berbeda dalam satu genus yang sama, tetapi bentuk, ukuran dan susunan (kariotip) kromosom masing-masing spesies akan terlihat berbeda.

Berdasarkan posisi sentromer dan panjang lengan kromosom, maka dapat dihitung beberapa nilai dari kromosom tersebut, yaitu indeks sentromer (centromere index), rasio lengan (arm ratio), dan panjang relatif kromosom (relative length). Indeks sentromer didefinisikan sebagai rasio dari lengan yang lebih pendek dengan panjang total kromosom dan dinyatakan dalam persen. Berdasarkan selang nilai indeks sentromer, maka kromosom diklasifikasi atas median, submedian dan terminal

RANGKUMAN

Genetika Manusia, Penurunan Sifat, dan Kelainan Genetik

Bab ini menjelaskan dasar-dasar genetika manusia, termasuk struktur dan fungsi DNA, kromosom, serta pewarisan sifat. Selain itu, dibahas juga kelainan genetik yang disebabkan oleh mutasi atau kelainan kromosom. Pemahaman genetika penting dalam menganalisis risiko penyakit keturunan dan upaya pencegahannya.

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Organel sel yang berfungsi sebagai pusat kendali sel karena mengandung materi genetik adalah ...
 - a. Mitokondria
 - b. Retikulum endoplasma
 - c. Nukleus
 - d. Ribosom
 - e. Kromosom

 2. Salah satu fungsi utama dari nukleolus adalah ...
 - a. Menghasilkan energi untuk sel
 - b. Mensintesis RNA ribosom
 - c. Memecah limbah seluler
 - d. Menyimpan enzim pencernaan
 - e. Menyimpan limbah seluler

 3. Struktur utama yang membentuk kromosom terdiri dari ...
 - a. RNA dan protein
 - b. DNA dan histon
 - c. Lipid dan protein
 - d. Karbohidrat dan enzim
 - e. RNA DNA dan Protein
-

4. Kelainan genetik yang disebabkan oleh adanya satu kromosom tambahan pada pasangan kromosom nomor 21 disebut ...

- a. Turner syndrome
- b. Down syndrome
- c. Klinefelter syndrome
- d. Edwards syndrome
- e. Down

5. Proses pewarisan sifat yang dikendalikan oleh lebih dari satu gen disebut ...

- a. Poligenik
- b. Monogenik
- c. Epigenetik
- d. Mutasi spontan
- e. Epigenik dan Monogenik

BAB IX

KONSEP IMUNOLOGI MANUSIA

Tujuan pembelajaran :

Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

- a. Menjelaskan konsep imunologi manusia
- b. Menjelaskan konsep imunitas dalam tubuh manusia

1. Pegantar Imunologi Manusia

Tubuh manusia akan selalu terancam oleh paparan bakteri, virus, parasit, radiasi matahari, dan polusi. Stres emosional atau fisiologis dari kejadian ini adalah tantangan lain untuk mempertahankan tubuh yang sehat. Biasanya kita dilindungi oleh sistem pertahanan tubuh, sistem kekebalan tubuh, terutama makrofag, dan cukup lengkap kebutuhan gizi untuk menjaga kesehatan. Kelebihan tantangan negatif, bagaimanapun, dapat menekan sistem pertahanan tubuh, sistem kekebalan tubuh, dan mengakibatkan berbagai penyakit fatal.

Respon imun diperantarai oleh berbagai sel dan molekul larut yang disekresi oleh sel-sel tersebut. Sel-sel utama yang terlibat dalam reaksi imun adalah limfosit (sel B, sel T, dan sel NK), fagosit (neutrofil, eosinofil, monosit, dan makrofag), sel asesori (basofil, sel mast, dan trombosit), sel-sel jaringan, dan lain-lain. Bahan larut yang disekresi dapat berupa antibodi, komplemen, mediator radang, dan sitokin. Walaupun bukan merupakan bagian utama dari respon imun, sel-sel lain dalam jaringan juga dapat berperan serta dengan memberi isyarat pada limfosit atau berespons terhadap sitokin yang dilepaskan oleh limfosit dan makrofag.

2. Konsep Imunitas Dalam Tubuh Manusia

Imunitas adalah resistensi terhadap penyakit terutama infeksi. Gabungan sel, molekul dan jaringan yang berperan dalam resistensi terhadap infeksi disebut sistem imun. Reaksi yang dikoordinasi sel-sel, molekul-molekul dan bahan lainnya terhadap mikroba disebut respon imun. Sistem imun diperlukan tubuh untuk mempertahankan keutuhannya terhadap bahaya yang dapat ditimbulkan berbagai bahan dalam lingkungan hidup.

Mikroba dapat ekstraseluler, melepas enzim dan menggunakan makanan yang

banyak mengandung gizi yang diperlukannya. Mikroba lain menginfeksi sel pejamu

dan berkembang biak intraselular dengan menggunakan sumber energi sel pejamu. Baik mikroba ekstraselular maupun intraselular dapat menginfeksi subyek lain, emnimbulkan penyakit dan kematian, tetapi banyak juga yang tidak berbahaya bahkan berguna untuk penjamu.

RANGKUMAN

Sistem imun bertugas melindungi tubuh dari infeksi dan penyakit dengan melibatkan berbagai sel seperti limfosit dan makrofag. Imunologi mempelajari mekanisme pertahanan tubuh, baik bawaan maupun adaptif, dalam melawan patogen seperti bakteri dan virus. Sistem imun yang sehat berperan penting dalam menjaga keseimbangan tubuh dan mencegah penyakit autoimun maupun infeksi.

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Sistem imun yang berperan dalam pertahanan tubuh terhadap patogen disebut ...
 - a. Sistem saraf pusat
 - b. Sistem pernapasan
 - c. Sistem kekebalan tubuh
 - d. Sistem ekskresi
 - e. Sitem Reproduksi
2. Sel yang berperan dalam mengenali dan menghancurkan patogen dalam tubuh adalah ...
 - a. Eritrosit
 - b. Limfosit
 - c. Sel epitel
 - d. Osteosit
 - e. Limfe
3. Reaksi imun yang diperantarai oleh sel B dan menghasilkan antibodi disebut ...
 - a. Imunitas seluler
 - b. Imunitas humoral
 - c. Imunitas bawaan
 - d. Reaksi alergi

- e. Imunitas seluler dan humoral
- 4. Antibodi yang berperan dalam reaksi alergi adalah ...
 - a. IgA
 - b. IgG
 - c. IgM
 - d. IgE
 - e. IgE dan IgA
- 5. Kekebalan yang diperoleh melalui pemberian vaksin disebut ...
 - a. Imunitas pasif alami
 - b. Imunitas pasif buatan
 - c. Imunitas aktif alami
 - d. Imunitas aktif buatan
 - e. Imunitas alami

BAB X

IMUNITAS NON-SPEKIFIK DAN SPEKIFIK DALAM TUBUH MANUSIA

Tujuan pembelajaran :

Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

- a. Menjelaskan sistem imun non spesifik
- b. Menjelaskan sistem imun spesifik

1. Sistem Imun Non-Spesifik

Imunitas non-spesifik fisiologik berupa komponen normal tubuh, selalu ditemukan pada individu sehat dan siap mencegah mikroba masuk ke tubuh dan dengan cepat menyingkirkannya. Jumlahnya dapat ditingkatkan oleh infeksi, misalnya jumlah sel darah putih meningkat selama fase akut pada banyak penyakit. Disebut non-spesifik karena tidak ditujukan terhadap mikroba tertentu, telah ada dan siap berfungsi sejak lahir. Mekanismenya tidak menunjukkan spesifitas terhadap bahan asing dan mampu melindungi tubuh terhadap banyak patogen potensial. Sistem tersebut, merupakan pertahanan terdepan dalam menghadapi serangan berbagai mikroba dan dapat memberikan respon langsung.

a. Pertahanan fisik / mekanik

Dalam sistem pertahanan fisik, kulit, selaput lendir, silia saluran nafas, batuk dan bersin, merupakan garis pertahanan terdepan terhadap infeksi. Keratinosit dan lapisan epidermis kulit sehat dan epitel mukosa yang utuh tidak dapat ditembus kebanyakan mikroba. Kulit yang rusak akibat luka bakar dan selaput lendir saluran nafas yang rusak oleh asap rokok akan meningkatkan resiko infeksi. Tekanan oksigen yang tinggi diparu bagian atas membantu hidup kuman obligat airrop seperti tuberkolosis.

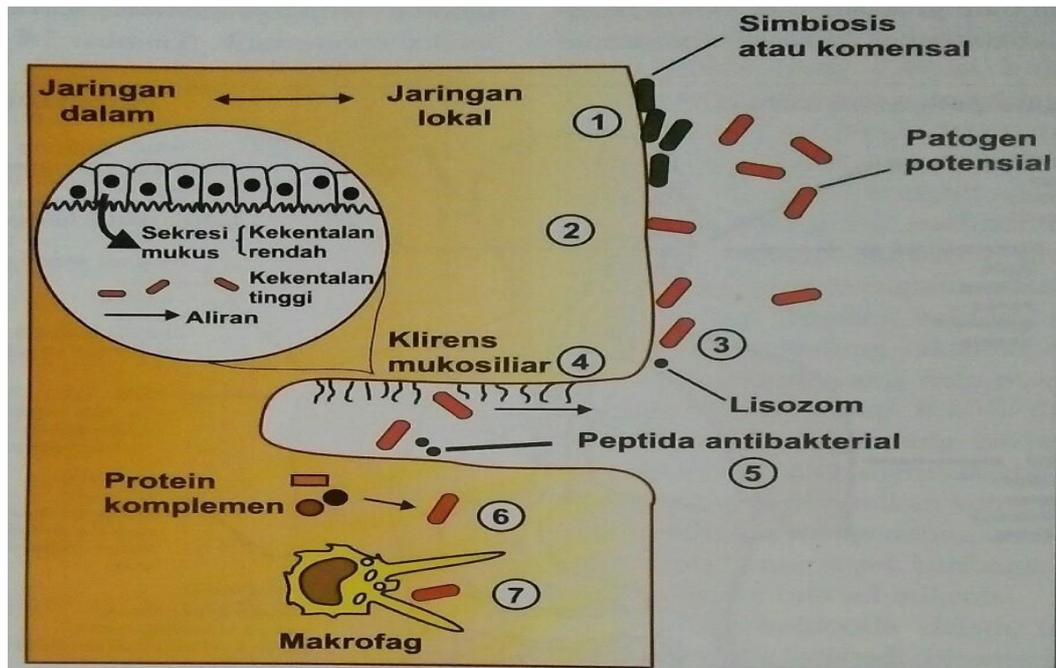
b. Pertahanan biokimia

Kebanyakan mikroba tidak dapat menembus kulit yang sehat, namun beberapa dapat masuk tubuh melalui kelenjar sebaceous dan folikel rambut. pH asam keringat dan sekresi sebaseus, berbagai asam lemak yang dilepas kulit mempunyai efek denaturasi terhadap protein membran sel sehingga dapat mencegah infeksi yang dapat terjadi melalui kulit. Lisozim dalam keringat, ludah,

air mata dan air susu ibu, melindungi tubuh terhadap berbagai kuman positif-gram oleh karena dapat menghancurkan lapisan peptidoglikan dinding bakteri. Air susu ibu juga mengandung laktooksidase dan asam neuramenik yang mempunyai sifat anti bakterial terhadap *E. coli* dan stafilokok. Saliva mengandung enzim seperti laksooksidase yang merusak dinding sel mikroba dan menimbulkan kebocoran sitoplasma dan juga mengandung anti bodi serta komplemen yang dapat berfungsi sebagai oksin dalam lisis sel mikroba.

Asam hidroklorat dalam lambung, enzim proteolitik, anti bodi dan empedu dalam usus halus membantu menciptakan lingkungan yang dapat mencegah infeksi banyak mikroba. pH yang rendah dalam vagina, spermin dalam semen dan jaringan lain dapat mencegah tumbuhnya bakteri positif-gram dan. Bilasan oleh urin dapat menyingkirkan kuman patogen. Laktoferin dan transferrin dalam serum mengikat besi yang merupakan metabolik esensial untuk hidup beberapa jenis mikroba seperti *Pseudomonas*.

Bahan yang disekresi mukosa saluran nafas (enzim dan antibodi) dan telinga berperan dalam pertahanan tubuh secara biokimiawi. Mukus yang kental melindungi sel epitel mukosa dapat menangkap bakteri dan bahan lainnya yang selanjutnya dikeluarkan oleh gerakan silia. Populasi, asap rokok, alkohol, dapat merusak mekanisme tersebut sehingga memudahkan terjadinya infeksi oportunistik.



Gambar 10.1 mekanisme imunitas nonspesifik terhadap bakteri pada tingkat sawar fisik seperti kulit atau permukaan mukosa

c. Perhanan humoral

Sistem imun non spesifik menggunakan berbagai molekul larut. Molekul larut tertentu di produksi di tempat infeksi atau cedera berfungsi lokal. Molekus tersebut antara lain adalah febtida antimikroba seperti devensin, katelisidin dan IFN dengan efek anti firal. Faktor larut lainnya diproduksi di tempat yang lebih jauh dan dikerahkan ke jaringan sasaran melalui sirkulasi seperti komplemen dan PFA besar.

d. Pertahanan selular

Fagosit, sel NK, sel mast dan eosinovil berperan dalam sistem imun non spesifin selular sel-sel sistem imun tersebut dapat ditemukan dalam sirkulasi atau jaringan. Contoh sel yang dapat ditemukan dalam sirkulasi adalah neutrovil, eosinosil, basovil, monosit, sel T, sel B, sel NK, sel darah merah dan trombosit. Sel-sel tersebut dalam mengenal produk mikroba esensial yang diper;ukan untuk hidupnya.

2. SISTEM IMUN SPESIFIK

Berbeda dengan sistem imun nonspesifik, sistem imun spesifik mempunyai kemampuan untuk mengenal benda yang dianggap asing bagi dirinya. Benda asing yang pertama kali terpajan dengan tubuh segera dikenal oleh sistem imun spesifik. Paparan tersebut menimbulkan sensitasi, sehingga antigen yang sama dan masuk tubuh untuk kedua kali akan dikenal lebih cepat dan kemudian dihancurkan. Oleh karena itu, sistem reproduksi disebut spesifik. Untuk menghancurkan benda asing yang berbahaya bagi tubuh, sistem imun spesifik dapat bekerja tanpa bantuan sistem imun nonspesifik. Namun pada umumnya terjalin kerjasama yang baik antara sistem imun nonspesifik dan spesifik seperti antara komplemen fagosit-antibodi dan antar makrofag-sel T.

Sistem imun spesifik terdiri atas sistem humoral dan sistem selular. Pada imunitas humoral, sel B melepas antibodi untuk menyingkirkan mikroba ekstraselular. Pada imunitas selular, sel T mengaktifkan makrofag sebagai efektor untuk menghancurkan mikroba atau mengaktifkan sel CTC/Tc sebagai efektor yang menghancurkan sel terinfeksi

a. Sistem imun spesifik humoral

Pemeran utama dalam sistem imun spesifik humoral adalah limfosit B atau sel B. Humor berarti cairan tubuh. Sel B berasal dari sel asal multipoten di sumsum tulang. Pada unggas, sel yang disebut bursa cell atau sel B akan berdiferensiasi menjadi sel B yang matang dalam alat yang disebut bursa fabricius yang terletak dekat kloaka. Pada manusia diferensiasi tersebut terjadi dalam sumsum tulang.

Sel B yang dirangsang oleh benda asing akan berpoliferasi, berdiferensiasi dan berkembang menjadi sel plasma yang memproduksi antibodi. Antibodi yang dilepas dapat ditemukan dalam serum. Fungsi utama antibodi ialah pertahanan terhadap infeksi ekstraselular, virus dan bakteri serta menetralkan toksinnya.

b. Sistem imun spesifik selular

Limfosit T atau sel T berperan pada sistem imun spesifik selular. Sel tersebut juga berasal dari sel B. Pada orang dewasa, sel T dibentuk di dalam sumsum tulang, tetapi poliferasi dan diferensiasinya terjadi didalam kelenjartimus atas pengaruh berbagai faktor asal timus. 90-95% dari semua sel T dalam timus

tersebut mati dan hanya 5-10% menjadi matang dan selanjutnya meninggalkan timus untuk masuk kedalam sirkulasi.

Faktor timus yang disebut timosin dapat ditemukan dalam peredaran darah sebagai hormon asli dan dapat mempengaruhi diferensiasi sel T di perifer. Berbeda dengan sel B, sel T terdiri atas beberapa subset sel dengan fungsi yang berlainan yaitu sel CD4⁺ (Th1, Th2), CD8⁺ atau CTL atau Tc dan Ts atau sel Tr atau Th3. Fungsi utama sistem imun spesifik selular ialah pertahanan terhadap bakteri yang hidup intraselular, virus, jamur, parasit dan keganasan. Sel CD4⁺ mengaktifkan Th1 yang selanjutnya mengaktifkan makrofag untuk menghancurkan mikroba. Sel CD8⁺ memusnahkan sel terinfeksi.

3. Konsep Antigen

Secara spesifik imunogen adalah bahan yang dapat merangsang sel B atau sel T atau keduanya. Antigen adalah bahan yang berinteraksi dengan produk respons imun yang di rangsang oleh imunogen spesifik seperti antibodi atau TCR. Antigen lengkap adalah antigen yang menginduksi baik respon imun maupun bereaksi dengan produknya. Yang disebut antigen inkomplit atau haptan, tidak dapat dengan sendiri menginduksi respon imun, tetapi dapat bereaksi dengan produknya seperti antibodi. Haptan dapat dijadikan imunogen melalui ikatan dengan molekul yang besar yang disebut molekul dan protein pembawa.

Secara fungsional antigen dibagi menjadi imunogen dan haptan. Contoh haptan adalah haptrn adalah dinitrofenol, berbagai golongan antibiotik dan obat lainnya dengan berat molekul kecil. Haptan biasanya dikenal oleh sel B, sedangkan protein pembawa oleh sel T. Haptan membentuk epitop pada protein pembawa yang dikenal sistem imun dan merangsang pembentukan antibodi. Molekul pembawa sering digabungkan dengan haptan dalam usaha memperbaiki imunisasi. Respons sel B terhadap haptan memerlukan protein pembawa untuk dapat di presentasikan ke sel Th.

4. Konsep Antibody

Bila darah dibiarkan membeku akan meninggalkan serum yang mengandung berbagai bahan larut tanpa sel. Bahan tersebut mengandung molekul antibodi yang digolongkan dalam protein yang disebut globulin dan sekarang dikenal sebagai

imunoglobulin. 2 cirinya yang penting ialah spesifitas dan aktifitas biologik. Fungsi utamanya adalah mengikat antigen dan mengantarkannya ke sistem reseptor pemusnahan.

Imunoglobulin (Ig) dibentuk oleh sel plasma yang berasal dari proliferasi sel B yang terjadi setelah kontak dengan anti gen. Antibodi yang terbentuk secara spesifik akan meningat antigen baru lainnya yang sejenis. Bila serum protein tersebut dipisahkan dengan cara elektro koresis, maka imunoglobulin ditemukan terbanyak dalam fraksi globulin gama, meskipun ada beberapa imunoglobulin yang juga ditemukan dalam fraksi globulin alfa dan beta.

Enzim papain memecah molekul antibodi (dengan berat molekul 150.000 dalton) fragmen masing-masing dari 45.000 dalton. 2 fragmen tetap memiliki sifat antibodi yang dapat mengikat antigen secara spesifik, bereaksi dengan determinan antigen serta hapten disebut FAB (fragmen antigen dinding) dan dianggap unifalen. Fragmen ketiga dapat dikristalkan dari larutan dan disebut fc dan tidak dapat mengikat antigen. Fc menunjukkan fungsi biologis sesudah antigen diikat oleh FAB. Semua molekul imunoglobulin mempunyai 4 rantai polipeptida dasar yang terdiri atas 2 rantai berat (heavy chain) dan 2 rantai ringan (light chain) yang identik.

Ada 2 jenis rantai ringan (kappa dan lambda) yang terdiri atas 230 asam amino serta 5 jenis rantai berat yang tergantung pada kelima jenis imunoglobulin yaitu IgM, IgG, IgE, IgA dan IgD. Rantai berat terdiri atas 450-600 asam amino, sehingga berat dan panjang rantai berat tersebut adalah 2 kali rantai ringan. Molekul imunoglobulin mempunyai rumus bangun yang heterogen, meskipun hanya terdiri atas 4 unit polipeptida dasar.

RANGKUMAN

Imunitas Non-Spesifik dan Spesifik dalam Tubuh Manusia Imunitas non-spesifik merupakan pertahanan bawaan yang melibatkan mekanisme seperti kulit, lendir, dan fagositosis oleh sel darah putih. Sementara itu, imunitas spesifik dikendalikan oleh sel B dan sel T yang menghasilkan antibodi dan respon imun yang lebih terarah terhadap patogen tertentu. Kedua jenis imunitas ini bekerja sama dalam menjaga kesehatan tubuh.

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Sistem imun non-spesifik memiliki karakteristik utama ...
 - a. Dapat mengenali patogen secara spesifik
 - b. Tidak memiliki memori imunologis
 - c. Memerlukan waktu lama untuk merespons infeksi
 - d. Hanya diaktifkan oleh vaksinasi
 - e. Tidak dapat mengenali patogen
 2. Contoh dari pertahanan pertama tubuh dalam sistem imun non-spesifik adalah ...
 - a. Antibodi
 - b. Makrofag
 - c. Kulit dan mukosa
 - d. Sel T sitotoksik
 - e. Antigen
 3. Perbedaan utama antara sistem imun spesifik dan non-spesifik adalah ...
 - a. Sistem imun spesifik memiliki memori imunologis
 - b. Sistem imun non-spesifik hanya bekerja pada bakteri
 - c. Sistem imun spesifik tidak melibatkan antibodi
 - d. Sistem imun non-spesifik lebih kuat daripada sistem imun spesifik
 - e. Sistem imun non spesifik
 4. Sel yang berperan dalam imun spesifik dengan menghasilkan antibodi adalah ...
 - a. Sel T sitotoksik
 - b. Sel B
 - c. Makrofag
 - d. Sel mast
 - e. Sel T
 5. Respons imun spesifik terdiri dari dua mekanisme utama, yaitu ...
 - a. Imunitas humoral dan imunitas seluler
 - b. Imunitas aktif dan pasif
 - c. Imunitas alami dan buatan
 - d. Imunitas primer dan sekunder
 - e. Imunitas aktif dan sukender
-

BAB XI

INTERAKSI ANTIGEN, ANTIBODY DAN INFLAMASI

Tujuan pembelajaran :

Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

- a. Menjelaskan interaksi antigen dan antibodi
 - b. Menjelaskan inflamasi dan proses inflamasi
1. Interaksi Gen Dan Antibody

Antigen adalah bahan yang dapat diikat secara spesifik oleh molekul antibodi atau molekul reseptor pada sel T. Antibodi dapat mengenal hampir setiap molekul biologik sebagai anti gen seperti hasil metabolik hidratarang, lipid, hormon, makro molekul kompleks hidratarang, posfolipid, asam nukleat dan protein.

Pengenalan antigen oleh antibodi melibatkan ikatan non ovalen dan reversible. Berbagai jenis interaksi non kovalen dapat berperan pada ikatan antigen seperti faktor elektrostatis, ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik dan lainnya. Kekuatan ikatan antara 1 antibodi dan epitop disebut afinitas antibodi. Antigen polivalen mempunyai lebih dari 1 determinan. Kekuatan ikatan antibodi dengan epitok anti gen keseluruhan disebut afiditas.

Antigen monovalen atau epitop masing-masing pada permukaan sel, akan berinteraksi dengan masing-masing ikatan tunggal molekul antibodi. Meskipun afinitas interaksi tersebut dapat tinggi, afiditas keseluruhan adalah rendah. Bila ditemukan banyak determinan yang cukup dekat pada permukaan sel, 1 molekul IgG mengikat 2 epitop (interaksi bivalen dengan 1 molekul IgG) yang menghasilkan afiditas lebih tinggi. IgM mempunyai 10 ikatan antigen identik yang secara teoritis dalam interaksi polivalen dapat mengikat secara simultan 10 determinan dengan afiditas sangat tinggi. Antibodi merupakan komponen imunitas didapat yang melindungi tubuh terhadap infeksi mikroorganisme dan produknya yang toksik. Oleh karena itu interaksi antara antigen dan antibodi sangat penting dan banyak digunakan *in vitro* untuk tujuan diagnostik. Penggunaan reaksi *in vitro* antara antigen antibodi disebut serologi. Interaksi antara antigen dan antibodi dapat menimbulkan berbagai akibat antara lain antara lain presipitasi (bila antigen merupakan dalam bahan larut

dalam cairan garam fisiologi) aglutinasi (bila antigen merupakan bahan tidak larut atau partikel-partikel kecil), netralisasi (toksin) dan aktivasi komplemen. Kebanyakan reaksi tersebut terjadi oleh adanya interaksi antara antigen multivalen dan antibodi yang sedikitnya memiliki 2 tempat ikatan permolekul.

Titer antibodi adalah pengenceran tertinggi yang menunjukkan aglutinasi atau presipitasi. Untuk menentukan titer antibodi, dibuat pengenceran sereal serum dan selanjutnya ditambahkan sejumlah anti sel yang konstan dan campuran larutan tersebut diinkubasikan dan diperiksa untuk aglutinasi atau presipitasi.

Serum dengan kekuatan tinggi atau tidak diencerkan hanya sedikit atau tidak menunjukkan aglutinasi atau presipitasi. Hal itu disebut fenomena krozon disebabkan oleh antibodi berlebihan. Kroslingking atau reaksi silang antigen tidak terjadi akibat banyaknya antibodi. Setiap antigen dapat diikat satu antibodi. Hal yang sama terjadi bila serum diencerkan, tidak hanya sedikit atau tidak menunjukkan aglutinasi atau presipitasi yang disebut fenomena pos-zona, setiap molekul krozon dan pos-zona, setiap molekul antibodi bereaksi dengan antigen yang membentuk dengan kompleks besar. Zona ini disebut zona ekuivalen. Kadar antigen dan antibodi dalam zona ini merupakan kadar relatif molekul-molekul yang dapat membentuk kompleks.

2. INFLAMASI

Inflamasi didefinisikan sebagai reaksi lokal jaringan terhadap infeksi atau cedera dan melibatkan lebih banyak mediaator dibanding respon imun didapat. Inflamasi merupakan respon fisiologis terhadap berbagai rangsangan seperti infeksi dan cedera jaringan. Inflamasi dapat lokal, sistemik, akut dan kronis yang menimbulkan kelainan patologis. Petanda respon inflamasi lokal pertama digambarkan oleh orang Romawi sekitar 2000 tahun yang lalu berupa kemerahan, bengkak, panas dan sakit.

Pada abad ke-2, Galen menambahkan petanda inflamasi kelima berupa kehilangan fungsi alat yang terkena. Dalam beberapa menit setelah terjadi cedera jaringan, ditemukan vasodilatasi yang menghasilkan peningkatan volume darah ditempat. Volume darah yang meningkat jaringan dapat menimbulkan perdarahan. Permeabilitas vaskular yang meningkat menimbulkan kebocoran cairan pembuluh darah yang menimbulkan edema.

Dalam beberapa jam leukosit menempel ke sel endotel didaerah inflamasi dan bermigrasi melewati dinding kapiler masuk ke rongga jaringan yang disebut ekstrasvasasi . pada pemeriksaan hitologik ditemukan cairan edem dan infiltrasi sel leukosit berbagai faktor plasma seperti imonoglobulin, komplemen, sistem aktivasi kontak koagulasi fibrinolitik dan sel-sel inflamasi seperti neutrofil, mastosit, neosinofil, monosit, fagosit, sel endotel dan molekul adhesi, trombosit, limfosit dan sintokin berinteraksi 1 dengan yang lain. Patogen yang menembus sawar luar imunitas non spesifik seperti kulit, membran mukosa, infeksi atau cedera jaringan dapat memacu kaskade reaksi inflamasi yang kompleks.

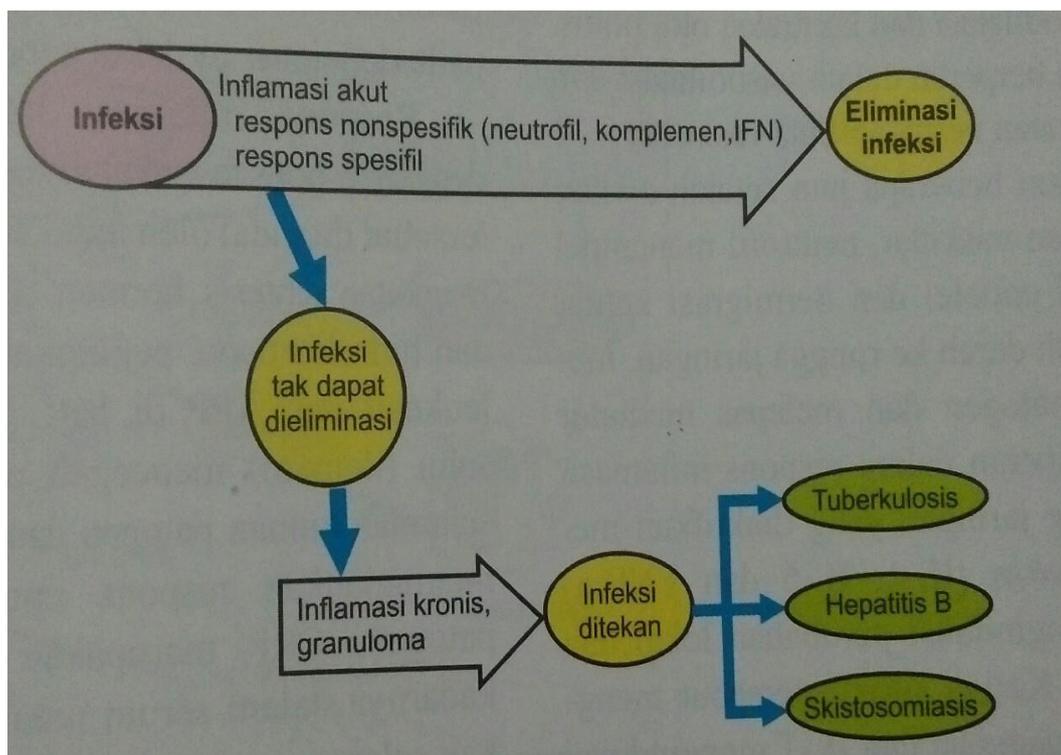
Pada keadaan normal hanya sebagian kecil molekul melewati dinding vaskular(transudat). Bila terjadi inflamasi sel sel endotel mengkerut sehingga molekul-molekul besar dapat melwati dinding vaskuler. Cairan yang mengandung banyak sel inflamasi disebut eksudat inflamasi. Eksudat inflamasi mempunyai beberapa fungsi penting. Bakteri sering memproduksi toksin yang dapat merusak jaringan dan di encerkan oleh eksudat.

Perjalanan inflamasi

Proses inflamasi akan berjalan sampai antigen dapat disingkirkan. Hal tersebut pada umumnya terjadi cepat berupa inflamasi akut yang berlangsung beberapa jam sampai hari. Inflamasi akan pulih setelah mediator di inaktifkan. Bila penyebab inflamasi tidak dapat disingkirkan atau terjadi pajanan berulang dengan antigen, akan terjadi inflamasi.

Perjalanan inflamasi		
Mikroba	Efektor	Penyakit
Virus		
Influenza	Sel NK, IFN	Infeksi Disingkirkan
Hepatitis B	IFN, Tc	Infeksi Disingkirkan
	Mutasi Virus	Infeksi Kronis Dengan

		Inflamasi Hati
Bakteri		
Stafilokop	Kompleimen, Neotrofil	Infeksi Di Singkirkan
Mikobakteri	Intraseluler, Tidak Dibunuh	Inflamasi Kronis Dengan Granuloma
Cacing		
Saluran Cerna	Ige Sel Mast	Cacing Dikeluarkan
Skistosomiasis	Cacing Dan Telurnya Tidak Dapat Dikeluarkan	Inflamasi Kronis



Gambar 11.1 Perjalanan infeksi

RANGKUMAN

Interaksi Antigen, Antibodi, dan Inflamasi Antigen adalah zat asing yang memicu respons imun, sementara antibodi adalah protein yang diproduksi tubuh untuk mengenali dan menetralkan antigen. Interaksi antara antigen dan antibodi dapat menghasilkan reaksi seperti aglutinasi dan netralisasi. Inflamasi merupakan respon tubuh terhadap infeksi atau cedera untuk memperbaiki jaringan yang rusak dan melawan patogen.

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Antigen adalah ...
 - a. Zat yang hanya ditemukan dalam tubuh manusia
 - b. Molekul yang dapat dikenali oleh sistem imun
 - c. Protein yang diproduksi oleh sel B
 - d. Enzim yang membantu pencernaan
 - e. Sel yang dapat dikenali oleh sistem imun
2. Proses inflamasi bertujuan untuk ...
 - a. Mencegah pembekuan darah
 - b. Mempercepat metabolisme tubuh
 - c. Memperbaiki jaringan yang rusak dan melawan infeksi
 - d. Menghancurkan sel darah merah
 - e. Memperbaiki sel yang rusak
3. Interaksi antara antigen dan antibodi dapat menyebabkan ...
 - a. Produksi eritrosit
 - b. Reaksi presipitasi dan aglutinasi
 - c. Pelepasan hormon adrenalin
 - d. Aktivasi sistem saraf pusat

- e. Produksi Adrenalin
4. Jenis antibodi yang memiliki 10 tempat pengikatan antigen dan sering ditemukan pada respon imun awal adalah ...
- a. IgA
 - b. IgE
 - c. IgG
 - d. IgM
 - e. IgM dan IgE
5. Inflamasi kronis dapat terjadi jika ...
- a. Patogen berhasil dihancurkan dengan cepat
 - b. Respon imun berhenti setelah patogen dieliminasi
 - c. Peradangan berlangsung dalam waktu lama dan menyebabkan kerusakan jaringan
 - d. Tubuh gagal menghasilkan antibody
 - e. Patogen tidak berhasil dihancurkan dengan cepat

BAB XII

IMUNOPROFILAKSIS DAN IMUNITAS

Tujuan pembelajaran :

Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

a. Menjelaskan imunoprofilaksis dan imunitas

1. KONSEP IMUNISASI

a. Pengertian

Imunisasi berasal dari kata “imun” yang berarti kebal atau resisten. Imunisasi merupakan pemberian kekebalan tubuh terhadap suatu penyakit dengan memasukkan sesuatu ke dalam tubuh agar tubuh tahan terhadap penyakit yang sedang mewabah atau berbahaya bagi seseorang (Lisnawati, 2011).

Imunisasi adalah suatu upaya untuk menimbulkan/meningkatkan kekebalan seseorang secara aktif terhadap suatu penyakit, sehingga bila suatu saat terpajan dengan penyakit tersebut tidak akan sakit atau hanya mengalami sakit ringan (Kemenkes RI, 2013).

b. Tujuan imunisasi

Tujuan imunisasi adalah untuk mencegah terjadinya penyakit tertentu pada seseorang, dan menghilangkan penyakit tersebut pada sekelompok masyarakat (populasi), atau bahkan menghilangkannya dari dunia seperti yang kita lihat pada keberhasilan imunisasi cacar variola

c. Manfaat imunisasi

1) Untuk anak

Mencegah penderitaan yang disebabkan oleh penyakit, dan kemungkinan cacat atau kematian.

2) Untuk keluarga

Menghilangkan kecemasan dan psikologi pengobatan bila anak sakit.

Mendorong pembentukan keluarga apabila orang tua yakin akan menjalani masa kanak-kanak yang nyaman. Hal ini mendorong penyiapan keluarga yang terencana, agar sehat dan berkualitas.

3) Untuk negara

Memperbaiki tingkat kesehatan menciptakan bangsa yang kuat dan berakal untuk melanjutkan pembangunan negara

d. Jenis-jenis imunisasi

1) Imunisasi aktif

Imunisasi aktif adalah pemberian kuman atau racun kuman yang sudah dilemahkan atau dimatikan dengan tujuan untuk merangsang tubuh memproduksi antibodi sendiri. Imunisasi aktif merupakan pemberian zat sebagai antigen yang diharapkan akan terjadi suatu proses infeksi buatan sehingga tubuh mengalami reaksi imunologi spesifik yang akan menghasilkan respon seluler dan humoral serta dihasilkannya sel memori, sehingga apabila benar-benar terjadi infeksi maka tubuh secara cepat dapat merespon.

2) Imunisasi pasif

Imunisasi pasif adalah pemberian antibodi kepada resipien, dimaksudkan untuk memberikan imunitas secara langsung tanpa harus memproduksi sendiri zat aktif tersebut untuk kekebalan tubuhnya

e. Respon imun terhadap imunisasi

Dilihat dari berapa kali pajanan antigen maka dapat dikenal dua macam respons imun, yaitu respons imun primer dan respons imun sekunder. Respons imun primer adalah respons imun yang terjadi pada pajanan pertama kalinya dengan antigen.

Antibodi yang terbentuk pada respons imun primer kebanyakan adalah IgM dengan titer yang lebih rendah dibanding dengan respons imun sekunder, demikian pula daya afinitasnya. Waktu antara antigen masuk sampai dengan timbul antibodi (lag phase) lebih lama bila dibanding dengan respons imun sekunder.

Pada respons imun sekunder, antibodi yang dibentuk kebanyakan adalah IgG, dengan titer dan afinitas yang lebih tinggi, serta fase lag lebih pendek dibanding respons imun primer. Hal ini disebabkan sel memori yang terbentuk pada respons imun primer akan cepat mengalami transformasi blast, proliferasi, dan diferensiasi menjadi sel plasma yang menghasilkan antibodi. Demikian pula dengan imunitas selular, sel limfosit T akan lebih cepat mengalami transformasi blast dan

berdiferensiasi menjadi sel T aktif sehingga lebih banyak terbentuk sel efektor dan sel memori.

Pada imunisasi, respons imun sekunder inilah yang diharapkan akan memberi respons adekuat bila terpajan pada antigen yang serupa kelak. Untuk mendapatkan titer antibodi yang cukup tinggi dan mencapai nilai protektif, sifat respons imun sekunder ini diterapkan dengan memberikan vaksinasi berulang beberapa kali.

2. IMUNOPROFILAKSIS

a. Pengertian

Imunofilaksis adalah pencegahan penyakit/infeksi terhadap antibodi spesifik. Selain itu juga, merupakan pencegahan penyakit melalui sistem imun dengan tindakan mendapatkan kekebalan resistensi relatif terhadap infeksi mikroorganisme yang patogen serta menimbulkan efek positif untuk pertahanan tubuh dan efek negatif menimbulkan reaksi hipersensivitas.

b. Fungsi

Fungsi dari imunoprofilaksis adalah untuk meningkatkan sistem kekebalan tubuh terhadap penyakit, kekebalan terhadap penyakit dapat dipacu dengan pemberian imunostimulan termasuk vaksinasi dan vitamin dan dapat mengurangi penularan suatu penyakit.

RANGKUMAN

Bab ini membahas metode analisis kromosom untuk menentukan kelainan genetik atau kromosom. Kariotipe adalah gambaran lengkap kromosom yang digunakan dalam diagnosis penyakit genetik. Teknik seperti pengukuran indeks sentromer dan rasio lengan kromosom membantu dalam mengklasifikasikan kromosom dan mendeteksi kelainan.

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Tujuan utama dari imunisasi adalah ...
 - a. Meningkatkan berat badan seseorang
 - b. Mencegah terjadinya penyakit tertentu pada individu dan populasi
 - c. Menghilangkan semua bakteri dalam tubuh
 - d. Mempercepat proses inflamasi dalam tubuh

 2. Imunisasi yang diberikan untuk memberikan kekebalan tubuh secara aktif disebut ...
 - a. Imunisasi pasif
 - b. Imunisasi aktif
 - c. Imunisasi sementara
 - d. Imunisasi alami

 3. Salah satu manfaat imunisasi bagi keluarga adalah ...
 - a. Menghilangkan risiko alergi makanan
 - b. Mengurangi kecemasan dan biaya pengobatan jika anak sakit
 - c. Meningkatkan kecerdasan anak
 - d. Mempercepat pertumbuhan tubuh

 4. Imunoprofilaksis adalah tindakan untuk ...
 - a. Menghancurkan sistem imun tubuh
 - b. Meningkatkan sistem kekebalan tubuh terhadap penyakit
 - c. Menghambat produksi sel darah putih
 - d. Mengurangi fungsi hormon pertumbuhan

 5. Jenis imunisasi yang diberikan dengan cara memasukkan antibodi dari luar tubuh disebut ...
 - a. Imunisasi aktif
 - b. Imunisasi buatan
 - c. Imunisasi pasif
 - d. Imunisasi alami
-

BAB XIII

IMUNO REPRODUKSI

Tujuan pembelajaran :

Setelah menyelesaikan bab ini, mahasiswa diharapkan mampu

a. Menjelaskan konsep kontrasepsi dengan metode sederhana

1. Antibody Anti Sperma

Munculnya antibodi terhadap antigen tubuhnya sendiri seperti anti-sperma dalam tubuh pria termasuk keadaan autoimun. Dalam keadaan normal tubuh tidak dibenarkan untuk membentuk antibodi terhadap dirinya sendiri. Karena semua antigen tubuhnya sendiri termasuk self antigen, sehingga sudah dikenal oleh sistem imun tubuh. Tetapi keadaan pada saluran reproduksi pada agak berbeda-beda dimana testis, sperma dan plasma semen, justru oleh sistem imun tubuh dianggap sebagai non self antigen. Sehingga bila terjadi kerusakan jaringan seperti akibat trauma atau infeksi sehingga terjadi proses eksivasi sperma, maka tubuh dengan segera akan membentuk antibodi terhadap sperma tersebut. Hal ini terjadi karena pada masa pubertas sistem imun sudah matang, serta adanya suatu barier yang dikenal sebagai sawar darah testis. Sehingga sistem imun pada tubuh pria normal tidak lagi mengenal testis dengan komponen-komponen sebagai self antigen, Namun demikian pembentukan antibodi tersebut seringkali dapat dipatahkan Oleh karena di dalam plasma semen terdapat berbagai macam zat yang bersifat immunosupresif. seperti orosomueid. Terdapatnya antigen didalam tubuh pria dapat membawa konsekuensi yang cukup berat, karena dapat menimbulkan infertilitas pada pasangan suami istri. Seperti antibodi pada umumnya. Maka, anti sperma ini dapat bereaksi dengan inti gen yang sesuai, yaitu sperma itu sendiri. Oleh sebab itu untuk dapat berfungsi, maka antibodi tersebut harus berada di traktus reproduksi, yaitu di dalam semen. Bila anti sperma bertemu dengan sperma motil, maka berbagai hal akan dapat terjadi, antara lain immobilisasi sperma, dan aglutinasi sperma sehingga tidak mampu lagi untuk melanjutkan perjalanannya dan melaksanakan fungsinya yang penting yaitu dengan membuahi ovum. pasangan ini walaupun mempunyai organ dan komponen reproduksi yang normal namun belum berhasil menghasilkan keturunan. Oleh sebab itu, dahulu keadaan ini dikategorikan kedalam unexplained infertility

2. Antibody Dalam Kehamilan.

Kadar antibodi ibu sangat tergantung pada status vaksinasi ibu (maternal antibodi), usia kehamilan saat vaksinasi diberikan. Selain itu, dipengaruhi oleh: sifat dan dosis antigen, jenis antigen, adjuvan, pengawet serta antibiotik yang ada di dalam vaksin, cara, frekuensi, jarak pemberian dan dipengaruhi faktor penerima seperti: faktor genetik, jenis kelamin, umur, status gizi dan penyakit lain yang menyertai dan mempengaruhi sistem kekebalan

a. Status vaksin

Ibu yang divaksinasi TT di dalam tubuhnya terkandung antibodi antitetanus yang akan memberikan perlindungan terhadap ibu dan janin dari infeksi tetanus.

Antibodi akan ditransfer dari ibu kepada janin melalui plasenta

b. Frekuensi vaksinasi

Vaksinasi merupakan vaksinasi aktif karena tubuh ibu dipacu agar melangsungkan proses respon imun melalui terbentuknya efektor imunitas. Makin sering dilakukan vaksinasi, makin banyak jumlah sel memori yang terbentuk guna melindungi tubuh dari infeksi karena tubuh tidak dapat hanya mengandalkan efektor antibodi spesifik di dalam tubuh, disebabkan antibodi akan mengalami proses katabolisme seperti halnya protein lainnya. Kekebalan antitetanus cenderung berkurang seiring berjalannya waktu sejak vaksinasi terakhir karena proses katabolisme tersebut, maka dibutuhkan vaksinasi ulangan untuk melindungi tubuh dari infeksi dan sel memori yang akan merespon untuk menyediakan efekturnya (Elmahdi, 2013; Subowo, 2013). Hal ini didukung oleh hasil penelitian Elmahdi, 2013 yang menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara : frekuensi TT (p value = 0,05) dengan kadar antibodi antitetanus. Dalam kenyataannya diketahui bahwa jika kadar antibodi pre-booster tinggi namun booster tetap diberikan, hal ini berisiko dan berbahaya. Berdasarkan hal ini waktu yang tepat untuk pemberian booster harus diperhitungkan dengan baik agar tidak terjadi risiko pada ibu hamil.

c. Usia kehamilan saat vaksin di berikan

Proses transfer IgG dimulai sejak trimester I kehamilan dan berakhir di trimester ke-3 (Usman, 2009). Function of Receptor (FcRn) merupakan reseptor yang dihasilkan oleh sinsitiotrofoblast yang berfungsi mengikat antibodi (IgG) yang akan ditransfer dari ibu ke janin melalui plasenta. Ekspresi FcRn tergantung pada usia kehamilan yang lebih banyak diekspresikan di trimester III (mencapai efisiensi maksimum). Berdasarkan hasil observasi diketahui pengurangan transfer antibodi melalui plasenta terjadi di awal kehamilan dan itulah sebabnya kadar antibodi serum ibu dan tali pusar janin lebih tinggi pada ibu yang divaksinasi di trimester III, dibandingkan pada ibu yang divaksinasi trimester I ataupun II

d. Interval Antar Dosis Tetanus Toksoid dan Interval Dosis Terakhir dengan Kelahiran dengan Kadar Antibodi Antitetanus yang Ditransfer

Perbandingan antitoksin serum ibu dengan serum tali pusar tergantung pada interval antara dosis tetanus toksoid dan interval antara dosis terakhir dengan kelahiran. Interval yang lebih lama antara dosis toksoid tetanus pada dosis primer meningkatkan panjangnya durasi respon imun. Semakin lama interval antara kedua dosis TT, semakin meningkatkan panjang dan durasi respon imun. Interval yang panjang antara kedua dosis TT memberikan hasil pencapaian optimal imunitas tubuh terhadap tetanus. Namun dalam kenyataannya, wanita hamil sering terlambat memeriksakan kehamilan ke pusat kesehatan dan kebanyakan vaksin TT-1 diberikan mendekati persalinan, sehingga interval TT-1 – TT-2 maupun TT-2 dengan waktu persalinan terlalu dekat. Hal ini mengurangi efektivitas transfer sejumlah besar antibodi dari ibu ke janin. Data ini sangat mendukung kebijakan vaksinasi yang dimulai sedini mungkin dalam kehamilan, untuk memastikan interval yang memadai antar dosis dan antara dosis kedua dengan persalinan. Namun, hal ini tidak didukung oleh teori yang menyatakan bahwa proses transfer IgG dimulai sejak trimester I sampai III, namun ekspresi Function of Receptor (FcRn) reseptor yang dihasilkan oleh sinsitiotrofoblast dan berfungsi mengikat antibodi (IgG) yang akan ditransfer ke janin, lebih banyak diekspresikan saat trimester III. Itulah sebabnya kadar antibodi darah ibu dan tali pusar janin lebih tinggi pada ibu yang divaksinasi di trimester III, dibandingkan I ataupun II Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dhillon dan Menon tentang kadar antitoksin pada serum tali pusar neonatus yang ibunya

divaksinasi TT sebanyak 2 kali dengan jarak antara TT-1 dan TT-2 berbeda yaitu terdapat 4 kelompok jarak TT (4-8, 9-12, 13-16, >16 minggu) didapatkan hasil sebagai berikut: pada kadar antibodi antitetanus protektif ($>0,1$ IU/ml) dengan hasil perbandingan sebagai berikut(37% : 62,4%, : 71,4% : 73,9%). Dari ke-4 kelompok dengan kadar antibodi protektif ($>0,1$ IU/ml) tersebut ditemukan paling banyak pada interval TT-1 dan TT-2 yang paling lama yaitu >16 minggu sebanyak 73,9% . Semakin lama jarak antara dosis pertama dan kedua, maka akan semakin besar respon antibodi yang terbentuk akibat pemberian dosis ke-2. Jika memungkinkan, maka interval yang direkomendasikan adalah minimal 6 (enam) minggu.

RANGKUMAN

Sistem reproduksi dan sistem imun merupakan dua mekanisme biologis yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia. Sistem reproduksi bekerja secara kompleks melalui interaksi antara organ reproduksi, proses gametogenesis, dan regulasi hormonal untuk memastikan keberlangsungan generasi. Pemahaman tentang sistem ini memiliki peran besar dalam bidang medis, kesehatan reproduksi, serta teknologi seperti fertilisasi in vitro (IVF) dan kontrasepsi.

Di sisi lain, sistem imun berfungsi untuk melindungi tubuh dari infeksi melalui dua mekanisme utama: imun non-spesifik, yang bertindak sebagai pertahanan awal, dan imun spesifik, yang memberikan perlindungan lebih kuat dengan kemampuan memori imunologis. Keduanya bekerja sama untuk menjaga keseimbangan dan kesehatan tubuh. Dengan memahami kedua sistem ini, manusia dapat mengembangkan strategi medis yang lebih baik, baik dalam bidang reproduksi maupun perlindungan terhadap penyakit, sehingga meningkatkan kualitas hidup dan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

TES FORMATIF

1. Pilihan Ganda

Petunjuk: Pilihlah satu jawaban yang paling benar dengan cara memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c d dan e.

1. Keberadaan antibodi anti-sperma dalam tubuh pria dapat menyebabkan ...
 - a. Peningkatan jumlah sperma
 - b. Gangguan motilitas sperma dan infertilitas
 - c. Peningkatan hormon testosteron
 - d. Produksi sperma yang lebih cepat
 2. Sistem imun tubuh biasanya tidak mengenali sperma sebagai self-antigen karena adanya ...
 - a. Hormon estrogen
 - b. Sawar darah-testis
 - c. Produksi enzim pencernaan
 - d. Faktor genetik
 3. Jika antibodi anti-sperma bereaksi dengan sperma, maka dapat terjadi ...
 - a. Peningkatan kesuburan
 - b. Mobilisasi sperma yang lebih cepat
 - c. Imobilisasi dan aglutinasi sperma
 - d. Peningkatan pembuahan
 4. Antibodi anti-sperma dapat terbentuk akibat ...
 - a. Konsumsi makanan tinggi protein
 - b. Cedera atau infeksi pada saluran reproduksi
 - c. Olahraga yang berlebihan
 - d. Penurunan kadar hormon
 5. Salah satu akibat dari keberadaan antibodi anti-sperma dalam tubuh adalah ...
 - a. Menurunnya daya tahan tubuh terhadap penyakit
 - b. Meningkatnya jumlah sel darah merah
 - c. Terjadinya unexplained infertility
 - d. Meningkatnya produksi hormon progesteron
-

DAFTAR PUSTAKA

- Anna C. Pai . 2008. Dasar-dasar genetika ilmu untuk masyarakat. Jakarta : Erlangga
- Arikunto, S. 2006. Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek. Jakarta: PT.Rineka Cipta.
- Asrinah, Shinta, S.P., Dewie. S., Ima, S.M., Dian, N.S. 2010. Asuhan Kebidanan Kebidanan Masa Kehamilan. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Baratawidjaja karnen garna, Iris rengganis. 2009. Imunologi Dasar, 8 thEd. Jakarta : balai penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia
- Bobak, I. M, Lowdermilk, D. L, & Jensen, M. D. (2004). *Maternity nursing. 4th Ed.* California: Mosby
- Dinkes Sultra.2013.Profil Kesehatan Provinsi Sulawesi.Kendari
- Dudek RW. 2011. Embryology, 5th Ed. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins.
- Lockhart, Anita, Lyndon Saputra. 2010. Asuhan Kebidanan Kehamilan Fisiologis dan Patologis.Tanggerang Selatan: Karisma Publishing Group.
- Manuaba, IBG, 2007. Ilmu Kebidanan. Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Manuaba, I.B.G., Chandra, M.I.A., Fajar, M.I.B.G. 2008. Pengantar Kuliah Obstetri. EGC, jakarta
- Notoadmodjo S,2007, Kesehatan Masyarakat Ilmu dan Seni.Jakarta: Rineka Cipta
- Prawirohardjo, S.2010.Buku Ajar Ilmu Kebidanan Sarwono Prawirohardjo, Edisi Keempat, Penerbit: Bina Pustaka Prawirohardjo, Jakarta.
- Ricci, S.C., & Kyle.T. (2009).*Maternity And Pediatric Nursing.* Philadelphia: Lippincott Wiliams& Wilkins
- Sadler TW. 2010. Langmans's Medical Embryology, 10thEd. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins.
- Sadler TW. 2012. Langmans's Medical Embryology, 12thEd. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins.
- Tortora, G. J., Derrickson, B. (2012). *Principles of anatomy& physiology. 13rd Ed.* USA: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Ward, S. L., Hisley, S. M. (2009). *Maternal-child nursing care: Optimizing outcomes for mothers, children, and families.* Philadelphia: F. A. Davis Company.
- Wong, D.L., Eaton, M.H., Wilson, D., Winkelstein, M.L., & Scwartz, P. (2009).Essential of Pediatric Nursing. (6th Ed). St. Louis: Elsevier Mosby.

