

Buku Ajar

BIOLOGI REPRODUKSI

Merlly Amalia • Wiwit Vitania • Khafidhiyah Nur Insaniyah
Gladeva Yugi Antari • Dwi Dianita Irawan • Nina Hidayatunnikmah
Kursih sulastriningsih



BUKU AJAR

BIOLOGI REPRODUKSI

Penulis:

Bdn. Merlly Amalia., SST., M.Kes.

Bdn. Wiwit Vitania,S.ST., M.Keb.

Khafidhiyah Nur Insaniyah, S.Tr.Keb., M.Kes.

Gladeva Yugi Antari, S. SiT., M.Keb.

Dwi Dianita Irawan, S.Keb., Bd., M.Keb.

Nina Hidayatunnikmah, S.Keb., Bd., M.Kes.

Bdn Kursih sulastriningsih, SsiT., M.Kes.



Buku Ajar Biologi Reproduksi

Penulis: Bdn. Merlly Amalia., SST., M.Kes.
dn.Wiwit Vitania,S.ST., M.Keb.
Khafidhiyah Nur Insaniyah, S.Tr.Keb., M.Kes.
Gladeva Yugi Antari, S. SiT., M.Keb.
Dwi Dianita Irawan, S.Keb., Bd., M.Keb.
Nina Hidayatunnikmah, S.Keb., Bd., M.Kes.
Bdn Kursih sulastriningsih, SsiT., M.Kes.

Desain Sampul: Raden Bhoma Wikantioso Indrawan

Penata Letak: Muhamad Rizki Alamsyah

ISBN: 978-634-7219-36-7

Cetakan Pertama: Mei, 2025

Hak Cipta 2025

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

Copyright © 2025

by Penerbit PT Nuansa Fajar Cemerlang Jakarta

All Right Reserved

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

website: www.nuansafajarcemerlang.com

instagram: @bimbel.optimal

PENERBIT:

PT Nuansa Fajar Cemerlang

Grand Slipi Tower, Lantai 5 Unit F

Jl. S. Parman Kav 22-24, Palmerah

Jakarta Barat, 11480

Anggota IKAPI (624/DKI/2022)

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, buku ini yang berjudul "Buku Ajar Biologi Reproduksi" akhirnya dapat diselesaikan. Buku ini merupakan hasil dari proses panjang yang melibatkan pengumpulan berbagai referensi ilmiah, pengalaman mengajar di bidang biologi reproduksi, serta keinginan untuk menyediakan bahan ajar yang terstruktur, aplikatif, dan mudah dipahami oleh para pembaca, khususnya mahasiswa dan akademisi di bidang biologi dan ilmu-ilmu terkait.

Biologi reproduksi merupakan cabang ilmu yang mempelajari proses-proses fundamental yang berkaitan dengan reproduksi makhluk hidup, baik secara seksual maupun aseksual. Dalam konteks manusia dan hewan tingkat tinggi, ilmu ini mencakup pemahaman mendalam mengenai sistem reproduksi, regulasi hormonal, proses fertilisasi, perkembangan embrio, hingga teknologi reproduksi yang saat ini berkembang sangat pesat, seperti inseminasi buatan, fertilisasi in vitro, serta kloning.

Perkembangan ilmu biologi reproduksi tidak hanya penting dari sudut pandang akademik, tetapi juga memiliki implikasi luas dalam bidang kesehatan reproduksi, kedokteran, bioteknologi, peternakan, dan konservasi keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, penyusunan buku ini didasari oleh kebutuhan akan sebuah sumber belajar yang dapat menjembatani teori dasar dengan aplikasi nyata di lapangan, serta mendorong mahasiswa untuk berpikir kritis dan ilmiah terhadap isu-isu yang berkaitan dengan reproduksi.

Buku ini disusun dengan mengacu pada kurikulum pendidikan tinggi serta berbagai literatur mutakhir, baik dari dalam maupun luar negeri. Setiap bab dalam buku ini dirancang secara sistematis, dimulai dari konsep dasar hingga topik-topik lanjutan, disertai dengan ilustrasi dan contoh kasus untuk mempermudah pemahaman pembaca. Penulis juga menyertakan rangkuman dan soal evaluasi di akhir tiap bab untuk mengukur pemahaman dan mendorong pembaca untuk merefleksikan materi yang telah dipelajari.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan buku ini masih terdapat kekurangan, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran dari para pembaca demi penyempurnaan buku ini di masa yang akan datang.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil, termasuk rekan-rekan sejawat, mahasiswa, serta keluarga tercinta yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam proses penyusunan buku ini. Semoga buku ini dapat memberikan kontribusi

positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang biologi reproduksi, dan menjadi sumber ilmu yang bermanfaat bagi para pembacanya.

Akhir kata, semoga buku ini tidak hanya menjadi bahan ajar, tetapi juga menjadi jendela bagi pembaca untuk lebih memahami dan mengapresiasi keajaiban proses kehidupan yang bermula dari reproduksi.

Penulis

April, 2025

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
BAB 1 PERKEMBANGAN ORGAN REPRODUKSI	1
A. Perkembangan dan Fungsi Organ Reproduksi Manusia.....	3
B. Hormon Reproduksi Manusia	35
C. Latihan Soal	51
D. Rangkuman Materi	52
E. Glosarium.....	53
F. Daftar Pustaka.....	54
BAB 2 SIKLUS MENTRUASI, EMBRIOLOGI, SERTA PERKEMBANGAN JANIN DAN PLASENTA.....	57
A. Konsep Siklus Menstruasi	59
B. Fase Siklus Menstruasi.....	60
C. Gangguan Menstruasi	66
D. Embriologi	67
E. Tahapan Embriogenesis Manusia	68
F. Pertumbuhan dan Perkembangan Janin.....	77
G. Pertumbuhan dan Perkembangan Plasenta.....	79
H. Latihan Soal	83
I. Rangkuman Materi	86
J. Glosarium.....	88
K. Daftar Pustaka.....	90
BAB 3 ADAPTASI JANIN DI EKSTRA UTERINE.....	93
A. Pengertian Adaptasi Janin di Ekstra Uterine	94
B. Perubahan fisiologis Adaptasi Janin di Ekstra Uterine.....	94
C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adaptasi Janin di Ekstra Uterine	96
D. Perkembangan Teknologi dan Penelitian Terkini.....	96
E. Latihan Soal	96
F. Rangkuman Materi	98
G. Glosarium.....	98
H. Daftar Pustaka.....	99
BAB 4 FERTILITAS DAN INFERTILITAS: TINJAUAN KOMPREHENSIF	101
A. Definisi Fertilitas dan Infertilitas	102
B. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Fertilitas	102
C. Penyebab Infertilitas.....	102
D. Diagnosis dan Penanganan Infertilitas	103

E. Latihan Soal	103
F. Rangkuman Materi	106
G. Glosarium.....	106
H. Daftar Pustaka.....	107
BAB 5 DIFERENSIASI SEKSUAL	109
A. Konsep Diferensiasi Seksual.....	110
B. Tahapan-Tahapan Diferensiasi Seksual.....	110
C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Diferensiasi Seksual	110
D. Gangguan Diferensiasi Seksual.....	111
E. Latihan Soal	111
F. Rangkuman Materi	114
G. Glosarium.....	114
H. Daftar Pustaka.....	115
BAB 6 ANALISIS KROMOSOM DAN SITOGENETIKA.....	117
A. Konsep Dasar Kromosom dan Struktur Genetik Manusia	120
B. Organisasi DNA dan Gen dalam Regulasi Reproduksi.....	123
C. Mekanisme Pewarisan Sifat yang Berhubungan dengan Kesehatan Reproduksi	125
D. Aplikasi dalam Kebidanan.....	126
E. Teknik Analisis Kromosom dan Metode Sitogenetika.....	126
F. Teknik Analisis Kromosom dan Metode Sitogenetika dalam Pemeriksaan Prenatal.....	128
G. Latihan Soal	130
H. Rangkuman Materi	131
I. Glosarium.....	132
J. Daftar Pustaka.....	134
BAB 7 IMUNOLOGI REPRODUKSI – ANTIBODI SPERMA.....	137
A. Sistem Imun dalam Reproduksi.....	140
B. Antibodi Sperma dan Infertilitas	142
C. Diagnosis dan Deteksi Antibodi Sperma	143
D. Pengaruh Antibodi Sperma terhadap Kehamilan dan Keberhasilan Konsepsi.....	145
E. Pencegahan dan Penatalaksanaan Klinis	146
F. Latihan Soal	148
G. Rangkuman Materi	149
H. Glosarium.....	150
I. Daftar Pustaka.....	152

BAB 8 PENGANTAR IMUNOLOGI MANUSIA, KONSEP IMUNITAS DALAM TUBUH MANUSIA, SISTEM IMUN NON SPESIFIK (ALAMIAH) DALAM TUBUH MANUSIA	157
A. Pengantar Imunologi Manusia.....	159
B. Konsep Imunitas Dalam Tubuh Manusia.....	164
C. Sistem Imun non Spesifik (Alamiah) Dalam Tubuh Manusia.....	169
D. Latihan Soal	175
E. Rangkuman Materi	176
F. Glosarium.....	178
BAB 9 INTERAKSI ANTIGEN DAN ANTIBODI, INFLAMASI, IMUNOPROFILAKSIS DAN IMUNITAS	181
A. Interaksi Antigen dan Antibodi.....	184
B. Inflamasi.....	190
C. Immunoprofilaksis dan Imunitas.....	197
D. Latihan Soal	203
E. Rangkuman Materi	204
F. Glosarium.....	206
G. Daftar Pustaka.....	207
BAB 10 ISU DAN TREND BIOLOGI REPRODUKSI	211
A. Isu Dan Trend Terkini Kesehatan Reproduksi Meliputi Beberapa Hal Antara Lain:.....	213
B. Isu Kesehatan Reproduksi Masyarakat.....	222
C. Upaya Penyelesaian.....	223
D. Latihan Soal	224
E. Rangkuman Materi	226
F. Glosarium.....	227
G. Daftar Pustaka.....	227
PROFIL PENULIS	229

BAB 1

PERKEMBANGAN ORGAN REPRODUKSI

Tujuan Intruksional Umum:

Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan proses perkembangan organ reproduksi manusia (laki-laki dan perempuan), fungsi organ reproduksi, serta peran hormon-hormon reproduksi dalam mendukung kesehatan dan fungsi sistem reproduksi secara komprehensif.

Tujuan Instruksional Khusus:

Setelah mengikuti pembelajaran, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan tahapan perkembangan organ reproduksi pada laki-laki dan perempuan sejak masa prenatal hingga dewasa.
2. Mengidentifikasi struktur dan fungsi masing-masing organ reproduksi laki-laki dan perempuan.
3. Mendeskripsikan proses kerja hormon reproduksi seperti testosteron, estrogen, progesteron, dan hormon pendukung lainnya.
4. Menganalisis hubungan antara hormon reproduksi dengan siklus menstruasi, ovulasi, dan spermatogenesis.
5. Menjelaskan pentingnya menjaga kesehatan organ reproduksi dan peran hormon dalam fungsi reproduksi yang optimal.

Capaian Pembelajaran:

Kongitif:

1. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan secara rinci perkembangan organ reproduksi manusia, fungsi masing-masing organ, serta mekanisme kerja hormon-hormon reproduksi dalam sistem reproduksi.
2. Mahasiswa mampu menganalisis hubungan antara struktur, fungsi, dan regulasi hormon dalam proses reproduksi.

Psikomotor:

1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi struktur organ reproduksi melalui media pembelajaran seperti model anatomi atau gambar ilustrasi.
2. Mahasiswa mampu melakukan analisis sederhana terhadap kasus atau simulasi terkait gangguan hormon reproduksi dan dampaknya terhadap sistem reproduksi.

Afektif:

1. Mahasiswa menunjukkan sikap menghargai pentingnya kesehatan reproduksi dengan menerapkan perilaku hidup sehat.
2. Mahasiswa bersikap kritis dan bertanggung jawab dalam menyampaikan informasi terkait kesehatan reproduksi kepada masyarakat.

Pendahuluan

Perkembangan organ reproduksi manusia, baik laki-laki maupun perempuan, merupakan proses biologis yang kompleks dan berlangsung secara bertahap sejak masa embrio hingga dewasa. Organ reproduksi ini berkembang untuk mempersiapkan individu dalam fungsi reproduksi, yang merupakan salah satu aspek penting dari kelangsungan hidup manusia sebagai makhluk biologis. Setiap organ memiliki struktur dan fungsi spesifik yang mendukung proses reproduksi, seperti produksi sel gamet, pembuahan, dan perkembangan janin. Fungsi organ reproduksi ini sangat dipengaruhi oleh hormon-hormon reproduksi, termasuk testosteron, estrogen, dan progesteron, yang berperan dalam pengaturan siklus reproduksi, pubertas, serta fungsi seksual. Pemahaman yang mendalam tentang perkembangan organ reproduksi, fungsi, dan peran hormon ini sangat penting dalam menjaga kesehatan reproduksi dan meningkatkan kualitas hidup manusia.

Uraian Materi

A. Perkembangan dan Fungsi Organ Reproduksi Manusia

1. Struktur Organ Reproduksi Perempuan

a. Organ Bagian Luar

1) Mons Veneris/ Mons Pubis

Mons pubis adalah bantalan lemak yang terletak di depan simfisis pubis, yang menjadi bagian anterior dari organ reproduksi eksternal. Secara anatomic, mons pubis berbentuk segitiga terbalik, memanjang dari bagian atas garis rambut kemaluan hingga ke klitoris. Struktur ini terdiri atas jaringan lemak dan mulai ditutupi oleh rambut pubis kasar serta keriting setelah memasuki masa pubertas, akibat folikel rambut yang memiliki orientasi oblik. Orientasi ini menyebabkan rambut pubis cenderung tumbuh melengkung atau keriting, memberikan tekstur khas pada rambut di area tersebut. Pertumbuhan rambut pubis pada mons pubis dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti usia, jenis kelamin, dan suku bangsa, yang dapat memberikan variasi dalam pola pertumbuhan dan ketebalan rambut pada setiap individu.

Daerah ini berfungsi sebagai bantalan pelindung saat berhubungan seksual dan mengandung kelenjar yang mensekresi feromon, suatu zat kimia yang berperan dalam ketertarikan seksual.

Fungsi Mons Pubis :

- a) Sebagai bantalan pelindung: mons pubis terdiri dari jaringan lemak yang berfungsi melindungi tulang kemaluan (symphysis pubis) dari tekanan atau benturan, terutama selama aktivitas fisik atau hubungan seksual.
- b) Peran dalam respons seksual: mons pubis mengandung banyak ujung saraf yang sensitif terhadap rangsangan, sehingga berkontribusi dalam respons seksual.
- c) Sekresi feromon: mons pubis memiliki kelenjar yang menghasilkan feromon, zat kimia yang berperan dalam daya tarik seksual.
- d) Tempat tumbuh rambut pubis: setelah pubertas, rambut kasar dan keriting tumbuh di mons pubis. Rambut ini berfungsi mengurangi gesekan dan melindungi area genital dari mikroorganisme atau kotoran.

2) Labia Mayora

Labia mayora merupakan dua lipatan tebal yang membentuk sisi vulva, terdiri atas kulit, jaringan lemak, otot polos, pembuluh darah, dan serabut saraf. Panjang labia mayora sekitar 7,5 cm, dan struktur ini merupakan bagian terbesar dari genitalia eksterna wanita yang mengelilingi organ-

organ lainnya serta berakhir pada mons pubis. Selama masa pubertas, rambut pubis tumbuh pada permukaan labia majora. Bagian bawah labia majora bertemu di bagian belakang dan membentuk komissura posterior atau frenulum. Secara embriologis, labia majora homolog dengan skrotum pada pria.

Hanya mons pubis dan labia majora yang tampak secara eksternal pada genitalia wanita. Untuk memeriksa struktur lainnya, seperti labia minora, klitoris, dan ostium uretra, diperlukan pemisahan labia majora.

Fungsi Labia Majora :

- a) Melindungi organ genitalia internal: labia majora berfungsi melindungi organ-organ genital internal seperti labia minora, klitoris, dan pintu masuk vagina dari cedera, kotoran, dan risiko infeksi.
- b) Menjaga kelembapan area genital: kelenjar minyak (sebasea) dan kelenjar keringat yang terdapat pada labia majora membantu menjaga kelembapan dan melumasi area genital untuk mencegah kekeringan.
- c) Mengatur suhu: rambut yang tumbuh pada labia majora setelah masa pubertas berfungsi mengurangi gesekan dan memberikan perlindungan terhadap perubahan suhu pada area genital.
- d) Berperan dalam respons seksual: labia majora mengandung jaringan lemak dan pembuluh darah yang akan membengkak saat mendapatkan rangsangan seksual, meningkatkan sensitivitas sekaligus memberikan perlindungan dari tekanan.
- e) Mendukung struktur genitalia eksternal: labia majora berperan sebagai penyangga fisik bagi organ genitalia eksternal, membantu menjaga bentuk dan posisi anatomisnya.

3) Labia Minora

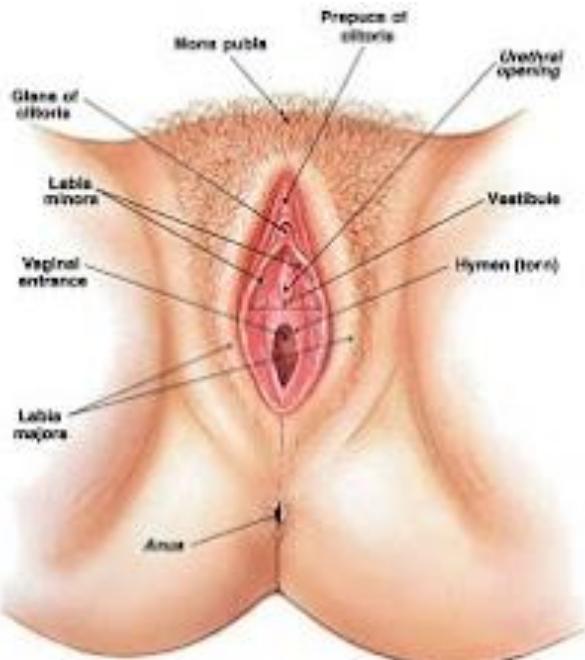
Labia minora terdiri dari dua lipatan kecil kulit yang terletak di antara bagian atas labia majora. Lipatan ini mengandung jaringan erektil. Labia minora lebih tipis, berpigmen lebih gelap, dan terletak tepat di dalam labia majora, mengelilingi introitus vagina dan ostium uretra. Labia minora tidak memiliki rambut dan mengandung sedikit kelenjar keringat serta sebasea. Vaskularisasi pembuluh darah memberikan warna merah muda pada labia minora. Selama stimulasi seksual, pembuluh darah membesar, menyebabkan labia minora membengkak dan menjadi lebih sensitif terhadap rangsangan.

Kedua lipatan labia minora bertemu di atas klitoris membentuk prepusium klitoris, sementara lipatan yang bertemu di bawah klitoris disebut frenulum klitoris. Di bagian posterior, labia minora menyatu membentuk struktur

yang disebut forchette, yang sering robek saat persalinan pertama. Labia minora mengandung banyak kelenjar sebasea dan ujung-ujung saraf yang sangat sensitif.

Fungsi Labia Minora :

- a) Proteksi: labia minora melindungi saluran vagina dan uretra dari infeksi, kuman, dan benda asing.
- b) Meningkatkan sensitivitas seksual: beberapa penelitian menunjukkan bahwa labia minora mengandung banyak ujung saraf sensitif yang dapat meningkatkan kenikmatan seksual. Keberadaan ujung saraf ini penting untuk respons seksual wanita.
- c) Estetika dan identitas seksual: Variasi ukuran dan bentuk labia minora dapat berbeda antar individu, dan hal ini memiliki dampak psikologis terhadap persepsi diri dan kenyamanan dalam hubungan seksual.
- d) Pengaturan kelembapan: labia minora mengandung kelenjar sebaceous yang menghasilkan sebum, yang menjaga kelembapan dan kestabilan pH di area genital serta melindungi lapisan mukosa di sekitarnya.



Gambar 1.1 Organ Reproduksi Eksterna Perempuan

Sumber : www.google.com

4) Klitoris

Klitoris adalah jaringan erektil kecil yang mirip dengan penis laki-laki dan terletak di bagian anterior dalam vestibulum. Klitoris berada di antara labia minora, dengan ujung atasnya tertutup oleh prepusium klitoris. Struktur ini sangat erektil dan sangat peka terhadap rangsangan.

Badan erektil klitoris, yang serupa dengan jaringan spongiosa pada penis, dapat mengalami ereksi dan membengkak ketika dirangsang. Stimulasi klitoris dapat menghasilkan orgasme pada sebagian wanita, berkat adanya ujung saraf yang sangat sensitif di area tersebut.

Fungsi Klitoris :

- a) Sensitivitas seksual: Klitoris adalah organ dengan konsentrasi ujung saraf terbanyak di tubuh wanita. Klitoris memiliki lebih dari 8.000 ujung saraf, menjadikannya pusat utama untuk sensasi seksual. Sebagian besar respons seksual wanita, terutama orgasme, dapat dipicu melalui stimulasi klitoris.
- b) Pemicu orgasme: berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh ahli anatomi dan fisiologi, mayoritas wanita mengalami orgasme dengan stimulasi klitoris. Ini menjadikan klitoris sebagai organ yang sangat berperan dalam pencapaian orgasme wanita, baik selama hubungan seksual maupun stimulasi luar (seperti sentuhan atau penggosokan).
- c) Meningkatkan sirkulasi darah dan lubrikasi: Penelitian juga menunjukkan bahwa stimulasi klitoris meningkatkan aliran darah ke area genital, yang pada gilirannya merangsang produksi pelumas alami dalam vagina. Hal ini memudahkan penetrasi dan mengurangi ketidaknyamanan selama hubungan seksual.
- d) Kesehatan emosional dan psikologis: penelitian menunjukkan bahwa orgasme yang diperoleh melalui stimulasi klitoris dapat berdampak positif pada kesejahteraan emosional dan psikologis wanita. Orgasme dapat meningkatkan suasana hati, mengurangi kecemasan, dan berperan dalam peningkatan ikatan emosional dengan pasangan.
- e) Fungsi dalam kesehatan reproduksi: meskipun klitoris tidak terlibat langsung dalam proses reproduksi, penurunan atau hilangnya sensitivitas klitoris dapat berhubungan dengan disfungsi seksual yang dapat mempengaruhi hubungan intim dan kesehatan reproduksi wanita secara keseluruhan.

5) Hymen

Hymen, atau selaput dara, adalah membran tipis yang sebagian menutupi atau mengelilingi lubang vagina (introitus vagina). Hymen terletak di mulut vagina dan berfungsi sebagai struktur pelindung yang memisahkan genitalia eksterna dan interna, meskipun perannya lebih bersifat simbolis daripada fisiologis. Hymen memiliki berbagai bentuk normal, seperti annular (melingkar), septate (terbelah oleh sekat), cribiform (berlubang kecil-kecil), atau fimbriated (tidak beraturan). Dalam kondisi normal, hymen

memiliki lubang di tengahnya yang memungkinkan keluarnya darah menstruasi. Namun, dalam kasus langka seperti hymen imperforata atau hymen occlusivum, hymen tidak memiliki lubang, sehingga darah menstruasi tidak bisa keluar dan menyebabkan pembengkakan pada vagina (hematokolpos).

Kondisi ini memerlukan tindakan medis berupa insisi untuk membuat lubang pada hymen. Hymen dapat berubah akibat berbagai aktivitas, seperti hubungan seksual, olahraga, pemeriksaan medis, atau cedera. Dalam beberapa kasus, hymen yang elastis dapat kembali seperti semula setelah penetrasi, tetapi hymen yang kurang elastis akan meninggalkan sisa jaringan yang disebut carunculae myrtiformis.

Hymen juga mengalami perubahan setelah persalinan, dan pada tahap ini disebut parous introitus hymen. Selain itu, hymen bukanlah indikator pasti keperawanan karena bisa robek akibat aktivitas lain selain hubungan seksual. Secara keseluruhan, hymen tidak memiliki peran langsung dalam reproduksi, tetapi memungkinkan jalan masuk untuk penetrasi, keluarnya darah menstruasi, dan jalan lahir selama persalinan. Oleh karena itu, penting untuk memahami bahwa kondisi hymen sangat bervariasi dan tidak dapat dijadikan alat ukur keperawanan.

Fungsi Hymen :

- a) Perlindungan organ reproduksi internal: hymen, sebagai membran tipis yang menutupi sebagian lubang vagina, berfungsi melindungi saluran reproduksi internal (vagina, rahim) dari paparan langsung terhadap benda asing, kotoran, dan infeksi selama masa awal kehidupan. Fungsi ini lebih relevan pada masa anak-anak sebelum pubertas.
- b) Simbolik dalam perkembangan reproduksi: hymen sering dianggap sebagai struktur simbolis dalam konteks budaya dan sosial yang berkaitan dengan keperawanan, meskipun secara medis hal ini tidak sepenuhnya akurat. Hymen memiliki variasi bentuk dan elastisitas yang tidak selalu terkait dengan aktivitas seksual.
- c) Peran dalam identifikasi kondisi abnormal: hymen dapat membantu dalam mendeteksi kondisi medis tertentu, seperti hymen imperforata (kondisi tanpa lubang) atau hymen occlusivum (hymen yang menutupi sepenuhnya), yang dapat menyebabkan gangguan seperti hematokolpos (penumpukan darah menstruasi di vagina). Penelitian menunjukkan bahwa penanganan kondisi ini, seperti melalui prosedur insisi, dapat mencegah komplikasi lebih lanjut.

d) Tidak memiliki fungsi fisiologis langsung: berdasarkan studi medis, hymen tidak memiliki peran penting dalam fungsi seksual, reproduksi, atau kesehatan umum setelah masa pubertas. Robek atau hilangnya hymen tidak memengaruhi fungsi biologis organ reproduksi wanita.

6) Vestibulum

Vestibulum adalah area yang terletak di antara labia minora dan berfungsi sebagai bagian depan vagina. Daerah ini memiliki batas atas yang berhubungan dengan klitoris, batas bawah dengan fourchette, dan batas lateral dengan labia minora. Vestibulum berasal dari sinus urogenital dan memiliki enam lubang atau orifisium, yaitu: orifisium uretra eksternum (saluran kemih), introitus vagina (pintu masuk vagina), serta duktus kelenjar bartholini dan duktus skene pada sisi kanan dan kiri.

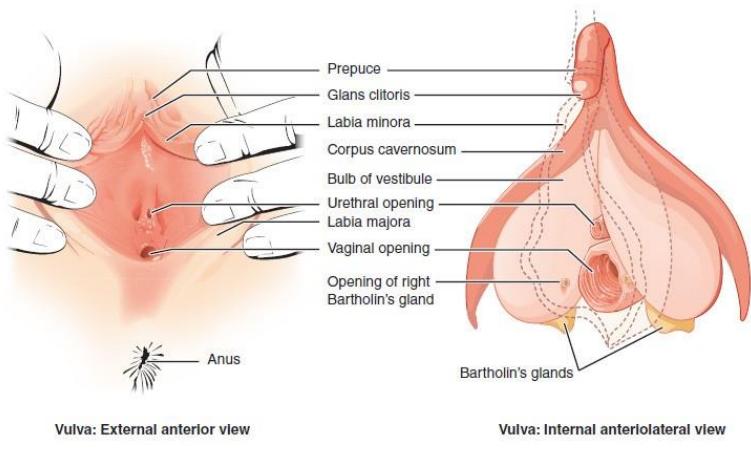
Fungsi Vestibulum:

- a) Memfasilitasi pelumasan dan kenyamanan saat berhubungan seksual melalui cairan yang dihasilkan oleh kelenjar Bartholin dan Skene.
- b) Berperan dalam pengeluaran urin melalui meatus uretra.
- c) Menjadi jalur masuk menuju saluran reproduksi internal melalui introitus vagina

7) Vulva

Secara keseluruhan, genitalia eksterna wanita dikenal sebagai vulva. Vulva memiliki bentuk lonjong dan berfungsi melindungi organ-organ genitalia eksterna. Secara anatomi, vulva dibatasi oleh klitoris di bagian anterior, labia minora di bagian lateral, dan perineum di bagian dorsal. Vestibulum vulva dikelilingi oleh introitus vagina (lubang vagina) dan meatus uretra. Di dalam vulva terdapat beberapa saluran kelenjar, yaitu:

- a) Kelenjar Bartholin: Terletak di dekat fourchette, kelenjar ini menghasilkan cairan kental sebagai pelumas selama stimulasi seksual. Cairan tersebut membantu mengurangi rasa nyeri saat berhubungan seksual.
- b) Kelenjar Skene: Berlokasi di dekat meatus uretra, kelenjar ini memiliki fungsi yang masih menjadi perdebatan ilmiah. Kelenjar Skene diduga homolog dengan kelenjar prostat pada pria dan berperan dalam menghasilkan cairan untuk melumasi lubang uretra. Selain itu, kelenjar ini kemungkinan memiliki fungsi antimikroba untuk melindungi saluran kemih dari infeksi (ISK).



Gambar 1.2 Organ Reproduksi Vulva

Sumber: www.google.com

8) Orificium Uretra

Orificium uretra adalah pintu masuk atau lubang yang terletak di ujung saluran uretra, yaitu saluran yang menghubungkan kandung kemih ke luar tubuh untuk mengeluarkan urin. Pada wanita, orificium uretra terletak di depan vagina, tepatnya di bagian atas introitus vagina, di sekitar area yang disebut vestibulum vaginae. Pada pria, orificium uretra terletak di ujung penis, tepatnya pada glans penis.

Fungsi:

- Saluran urin:** orificium uretra berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan urin dari kandung kemih ke luar tubuh. Proses ini terjadi ketika otot-otot kandung kemih berkontraksi, dan urin mengalir melalui uretra menuju orificium uretra untuk dibuang.
- Perlindungan dari infeksi:** pada wanita, letak orificium uretra yang dekat dengan vagina membutuhkan perlindungan terhadap infeksi, seperti infeksi saluran kemih (ISK). Pembersihan area sekitar orificium uretra sangat penting untuk mencegah infeksi bakteri yang bisa masuk ke dalam saluran uretra.
- Struktur dan pengaturan saluran:** pada pria, orificium uretra juga berfungsi sebagai jalur untuk ejakulasi semen selama hubungan seksual, selain sebagai saluran untuk urin. Pada wanita, uretra lebih pendek, dan orificium uretra berperan hanya dalam ekskresi urin.

9) Introitus Vagina

Introitus vagina (atau sering disebut juga **orificium vagina**) adalah **pintu masuk atau lubang vagina** yang terletak pada genitalia eksterna wanita, yaitu di antara **labia minora**. Introitus vagina ini dilindungi oleh beberapa lapisan jaringan, termasuk hymen (selaput dara), yang dapat mengalami

perubahan bentuk dan kondisi seiring waktu karena aktivitas fisik, seksual, atau persalinan.

Fungsi:

- a) Penetrasi seksual: merupakan jalan masuk bagi penis selama hubungan seksual.
- b) Keluar menstruasi: tempat darah menstruasi keluar dari tubuh setiap bulan.
- c) Proses persalinan: jalur lahir bagi bayi selama proses kelahiran.
- d) Menjaga keseimbangan mikroflora vaginal yang mendukung kesehatan reproduksi wanita.

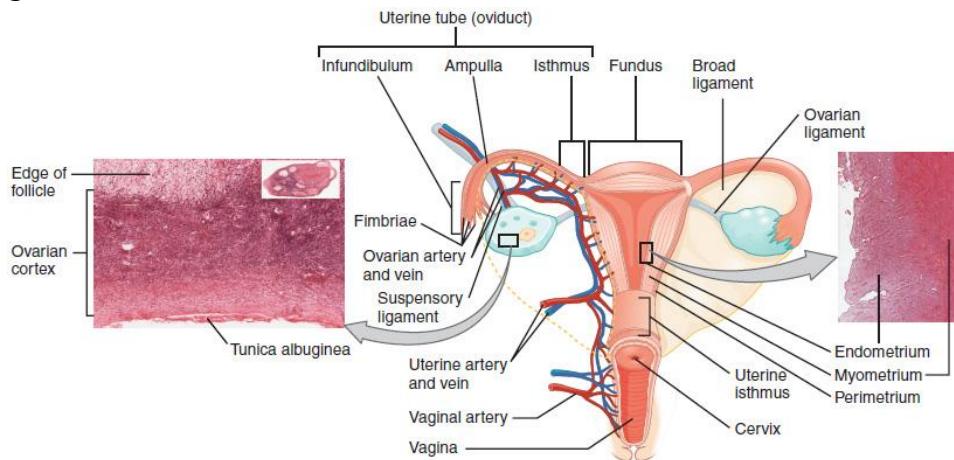
10) Perineum

Perineum adalah area yang memanjang dari dasar labia minora hingga saluran anus, berbentuk segitiga, dan terdiri dari jaringan ikat, otot, serta lemak. Panjang perineum sekitar 4 cm dan sering menjadi area yang dilakukan episiotomi saat persalinan untuk melebarkan jalan lahir. Batas perineum mencakup tepi bawah vulva hingga tepi depan anus, serta otot-otot diafragma pelvis (muskulus levator ani dan muskulus koksigis) dan diafragma urogenital (muskulus perinealis transversus profunda dan muskulus konstriktor uretra).

Fungsi Perineum:

- a) Mendukung organ urogenital dan gastrointestinal: perineum berperan sebagai penyangga organ-organ pada sistem urogenital (seperti uretra dan vagina) serta sistem gastrointestinal (rektum dan anus), sehingga menjaga posisi dan fungsinya agar tetap optimal.
- b) Peran dalam fungsi seksual: perineum memiliki banyak ujung saraf yang sensitif, sehingga berperan penting dalam meningkatkan respons seksual.
- c) Fungsi dalam proses persalinan: selama persalinan, perineum membantu meregangkan jaringan untuk memudahkan keluarnya bayi. Dalam beberapa kasus, dilakukan episiotomi untuk memperlebar jalan lahir dan mencegah robekan yang tidak terkontrol.
- d) Mengatur berkemih dan buang air besar: otot-otot perineum berfungsi dalam mengontrol sfingter uretra (pengeluaran urin) dan sfingter anus (pengeluaran tinja), sehingga membantu mempertahankan kemampuan menahan urin atau tinja (kontinensia).
- e) Menyeimbangkan dan mengurangi tekanan: sebagai bagian dari dasar panggul, perineum membantu menahan tekanan dan mendistribusikan beban tubuh, terutama saat seseorang duduk atau mengangkat beban berat.

b. Organ Bagian Dalam



Gambar 1.2 Organ Reproduksi Interna Perempuan

Sumber : www.google.com

1) Vagina

Vagina terletak di daerah panggul, terkait erat dengan berbagai organ di sekitarnya. Posisi vagina bersudut 45 derajat secara oblique, dengan batasan sebagai berikut:

- Bagian anterior: Vesika urinaria dan uretra
- Bagian posterior: Rectouterine pouch, rectum, anus
- Bagian lateral: Ureter dan musculus levator ani

Vagina adalah saluran muskulo-membranosa yang menghubungkan uterus dan vulva dengan panjang rata-rata sekitar 10 cm (dinding anterior 7,5 cm dan dinding posterior 10 cm). Perbedaan panjang dinding ini disebabkan oleh sudut insersi serviks pada dinding anterior. Vagina terdiri dari tiga lapisan:

- Lapisan luar: Jaringan ikat longgar
- Lapisan tengah: Otot polos
- Lapisan dalam: Epitelium skuamosa berlapis yang membentuk lipatan (rugae), memungkinkan pelebaran untuk mengakomodasi hubungan seksual dan persalinan.

Hymen, yang tipis dan berlubang, mengelilingi sebagian mulut vagina (introitus vagina). Fornix vagina merupakan bagian superior dari vagina yang memanjang ke dalam ceruk, yang terdiri dari empat bagian: fornix anterior, posterior, serta lateral kiri dan kanan. Fornix posterior berperan sebagai reservoir alami semen setelah ejakulasi intravaginal, yang dipertahankan dalam cairan fornix selama 20-30 menit, memungkinkan proses selanjutnya menuju saluran serviks.

Vagina tidak memiliki kelenjar sekresi, namun permukaannya tetap lembab karena sekresi serviks. Vagina merupakan area bagi populasi mikroorganisme normal yang membantu melindungi terhadap infeksi bakteri patogen, jamur, maupun mikroorganisme lainnya. Pada wanita sehat, bakteri vagina yang paling dominan adalah *Lactobacillus acidophilus* yang mengeluarkan asam laktat untuk melindungi vagina dengan mempertahankan pH asam (di bawah 4,5). Potensi infeksi patogen kecil kemungkinan bertahan hidup dalam kondisi asam.

Kombinasi asam laktat dengan sekresi cairan vagina lainnya menjadikan vagina organ pembersih diri. Namun, tindakan douching—atau mencuci vagina dengan cairan pembersih—dapat mengganggu keseimbangan mikroorganisme yang sehat dan justru meningkatkan risiko infeksi serta iritasi.

American College of Obstetricians & Gynecologists merekomendasikan agar wanita tidak melakukan douching dan membiarkan vagina mempertahankan populasi flora normal mikroba pelindung.

Pasokan arteri ke vagina diperoleh melalui arteri uterina dan vagina—kedua cabang dari arteri iliaka interna. Pengembalian vena dilakukan oleh pleksus vena vagina, yang mengalir ke vena iliaka interna melalui vena uterus. Drainase limfatik dibagi menjadi tiga bagian:

- Bagian superior: Mengalir menuju nodus iliaka eksternal
 - Bagian tengah: Mengalir menuju nodus iliaka internal
 - Bagian inferior: Mengalir menuju nodus limfatik inguinal superfisial
- Persarafan sebagian besar berasal dari sistem saraf otonom. Saraf parasimpatis dan simpatik muncul dari pleksus saraf uterovaginal (yang pada gilirannya merupakan cabang dari pleksus hipogastrik inferior). Hanya 1/5 bagian inferior vagina yang menerima persarafan somatik, melalui cabang saraf pudendal, saraf perineum yang dalam.

Fungsi Vagina:

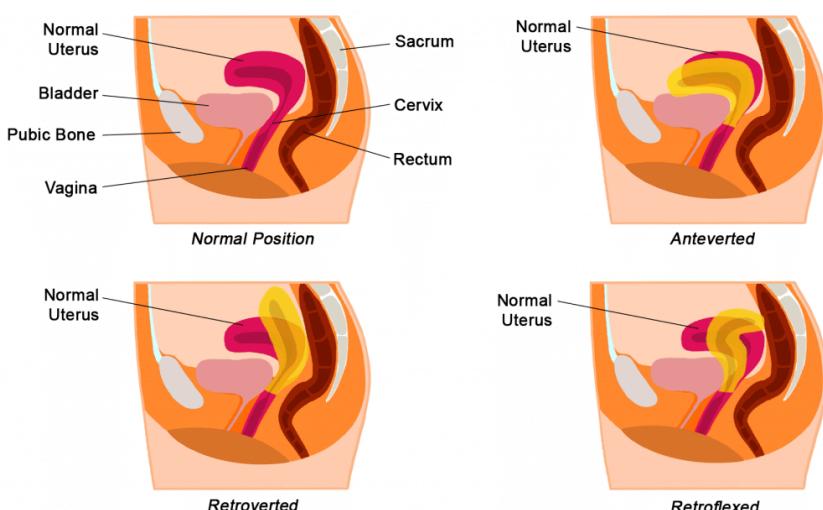
- Sebagai saluran keluarnya darah haid dan lendir dari uterus.
- Sebagai tempat persetubuhan (coitus), menahan penis selama hubungan seksual.
- Menyimpan semen atau sperma untuk sementara waktu.
- Sebagai jalan lahir dalam proses persalinan.

2) Uterus

Uterus adalah organ berotot yang berbentuk seperti buah pir dan terletak di rongga panggul, antara rektum di belakang dan kandung kemih di depan. Posisi uterus dapat berubah-ubah tergantung pada seberapa penuh kandung kemih. Dinding bagian belakang uterus hampir seluruhnya tertutup oleh peritoneum, membentuk Cavum Douglas atau kantung rectouterine. Dinding bagian depan sebagian tertutup oleh peritoneum yang lebih longgar.

Posisi normal uterus pada wanita dewasa adalah condong ke depan (anteversi) dan membentuk lengkungan ke depan (antefleksi). Ini disebut anteversio-flexio, di mana serviks menghadap ke depan dan membentuk sudut dengan vagina, sementara tubuh uterus menghadap ke depan dan membentuk sudut dengan serviks. Jika sumbu serviks dan sumbu tubuh uterus membentuk sudut yang membuka ke belakang, ini disebut retrofleksi. Sedangkan jika sumbu vagina dan uterus membentuk sudut yang membuka ke belakang, ini disebut retroversi. Uterus tidak selalu berada pada sumbu tengah panggul.

Posisi uterus dapat bergeser ke kiri (sinistroposito), ke kanan (dextroposito), lebih condong ke depan (anteroposito), atau ke belakang (dorsoposito). Selain itu, uterus pada umumnya memiliki sedikit rotasi atau perputaran dari posisi normalnya, yang disebut torsio.



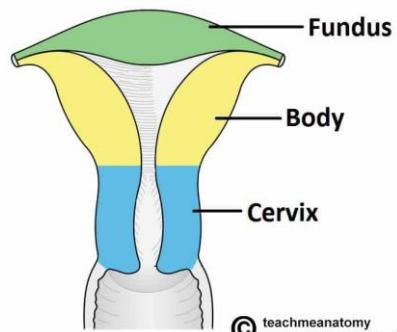
Gambar 1.3 Posisi Uterus

Sumber : <https://teachmeanatomy.info/pelvis/female-reproductive-tract/uterus/>

Saat tubuh berdiri tegak, uterus berada dalam posisi hampir horizontal. Panjangnya sekitar 7,5 cm, lebar 5 cm, dan ketebalan dinding sekitar 2,5 cm. Berat uterus berkisar antara 30 hingga 40 gram.

Uterus terdiri dari tiga bagian penting, yaitu:

- a) Bagian **Fundus**: bagian atas uterus, terletak di atas titik masuk tuba falopi.
- b) Bagian **Korpus**: bagian utama dari tubuh uterus, yang bagian inferiornya disebut Os Internal (OUI), merupakan bagian yang paling sempit dan bersambung dengan serviks.
- c) Bagian **Serviks**: bagian bawah uterus yang menghubungkan dengan vagina. Struktur dan fungsi bagian ini berbeda dengan bagian uterus lainnya. Pada serviks terdapat bagian yang menyempit, disebut isthmus, yang terdiri dari 10-15% otot dan akan meregang secara pasif membentuk Segmen Bawah Rahim (SBR). Jika SBR teregang berlebihan, dapat menyebabkan terjadinya Ring Bandle, yang merupakan tanda ancaman robekan uterus (Ruptura Uteri Imminens).



Gambar 1.4 Uterus

Sumber : <https://teachmeanatomy.info/pelvis/female-reproductive-tract/uterus/>

Bagian fundus dan korpus terdiri dari tiga lapisan jaringan:

- a) Perimetrium (Tunica Serosa): Merupakan lapisan peritoneum yang menutupi permukaan uterus. Di bagian anterior, perimetrium memanjang dari fundus hingga korpus, terlipat ke permukaan atas vesika urinaria membentuk kantong vesiko-uterine pouch. Di bagian posterior, perimetrium memanjang dari fundus dan korpus hingga serviks, kemudian berlanjut ke rektum membentuk kantong rekto-uterine pouch (Cavum Douglas).
 - b) Miometrium (Tunica Muscularis): Merupakan lapisan otot polos yang tebal, terdiri dari massa serat otot polos yang menyatu dengan jaringan ikat longgar, pembuluh darah, dan saraf. Sel-sel dari lapisan ini mengalami hipertrofi dan hiperplasia selama kehamilan.
- Miometrium memiliki dua fungsi yang tampaknya bertentangan: menjaga uterus tetap tertutup selama kehamilan, namun juga harus membuka serviks saat persalinan. Oleh karena itu, lapisan otot miometrium dilengkapi dengan serat memanjang, miring, dan melintang.

- a) Serabut otot melingkar paling banyak ditemukan di daerah serviks dan berfungsi untuk mempertahankan penutupan serviks selama kehamilan.
- b) Serabut otot longitudinal dan oblik paling banyak ditemukan di korpus dan fundus uteri untuk memperpendek uterus dan menurunkan fundus saat persalinan.

Kontraksi miometrium dirangsang paling efektif oleh hormon oksitosin. Kontraksi ini terjadi tidak hanya selama persalinan, tetapi juga selama menstruasi ketika terjadi pelepasan mukosa uterus. Kontraksi yang berlebihan dapat menyebabkan keluhan nyeri menstruasi yang disebut dismenoreia.

- c) Endometrium (Tunica Mucosa): Lapisan paling dalam yang dilapisi oleh epitelium kolumnar dan mengandung kelenjar tubular yang menyekresi mukus. Endometrium dibagi menjadi dua lapisan:
 - Lapisan Fungsional: Lapisan ini berproliferasi sebagai respons terhadap estrogen dan menjadi sekretorik sebagai respons terhadap progesteron. Jika tidak ada fertilisasi, lapisan ini akan luruh saat menstruasi.
 - Lapisan Basal: Lapisan ini terletak di bawah lapisan miometrium dan tidak luruh saat menstruasi. Lapisan ini merupakan tempat regenerasi lapisan fungsional pada setiap siklus menstruasi.

Uterus memiliki beberapa struktur penunjang (ligamentum) untuk mempertahankan posisi uterus agar tetap pada tempatnya, di antaranya:

- a) Ligamentum Latum (Broad Ligament): Merupakan lipatan peritoneum kiri dan kanan uterus yang meluas hingga dinding panggul dan menggantung pada tuba falopi. Ligamentum ini memiliki tiga bagian utama:
 - Mesometrium menuju ke uterus
 - Mesosalphinx menuju ke tuba falopi
 - Mesovarium menuju ke ovarium
- b) Ligamentum Rotundum (Round Ligament): Ligamentum ini berada di bawah insersi tuba dan meluas ke kanalis inguinalis hingga labia majora, berfungsi untuk menahan uterus dalam posisi antefleksi.
- c) Ligamentum Servikal (Kardinale): Terletak pada Os Internal (OUI) dan memfiksasi uterus ke kiri dan kanan serta sebagai jalur pembuluh darah menuju uterus.
- d) Ligamentum Uterosacral: Memanjang dari serviks ke sacrum, memfiksasi uterus pada bagian belakang.

- e) Ligamentum Vesicouterinum: Menghubungkan uterus dengan vesika urinaria, terdiri dari jaringan ikat yang agak longgar dan mengikuti perkembangan uterus saat kehamilan.
- f) Ligamentum Suspensorium Ovarii (Infundibulopelvicum): Menghubungkan infundibulum dan ovarium ke dinding panggul, menggantungkan uterus pada dinding panggul.
- g) Ligamentum Ovarii Propium: Menghubungkan tuba falopi dengan ovarium.

Pasokan darah ke uterus berasal dari arteri uterina (cabang dari arteri iliaka interna), yang mengalir melalui bagian lateral uterus di ligamentum latum, kemudian bergabung dengan arteri ovarium untuk memvaskularisasi ovarium. Drainase vena mengikuti jalur yang sama dengan arteri dan akhirnya mengalir ke vena iliaka interna. Drainase limfatik melalui kelenjar getah bening di iliaka, sacrum, dan inguinal. Uterus dikendalikan oleh saraf simpatis dan parasimpatis yang melalui ganglion servikalis Frankenhauser. Serabut saraf simpatik berasal dari pleksus uterovaginal dan pleksus hipogastrik inferior, sementara serabut parasimpatis berasal dari saraf splanknik pelvis/saraf pudendal (S2-S4). Serviks sebagian besar dipersarafi oleh saraf inferior pleksus uterovaginal. Serabut aferen sebagian besar naik melalui pleksus hipogastrik inferior menuju sumsum tulang belakang melalui serabut saraf T10-T12 dan L1.

Fungsi Uterus:

- a) Sebagai tempat implantasi, menyediakan nutrisi bagi embrio, serta tempat tumbuh kembang janin.
- b) Membantu mendorong janin keluar melalui kontraksi otot miometrium saat kelahiran.
- c) Mengalirkan darah ke organ seksual selama hubungan seksual.
- d) Uterus juga berperan dalam siklus menstruasi. Selama siklus menstruasi, jika tidak terjadi kehamilan, lapisan endometrium akan meluruh dan dikeluarkan melalui vagina sebagai menstruasi. Penelitian menunjukkan bahwa perubahan hormonal (estrogen dan progesteron) yang mengatur siklus ini memiliki dampak besar terhadap kesehatan reproduksi wanita.

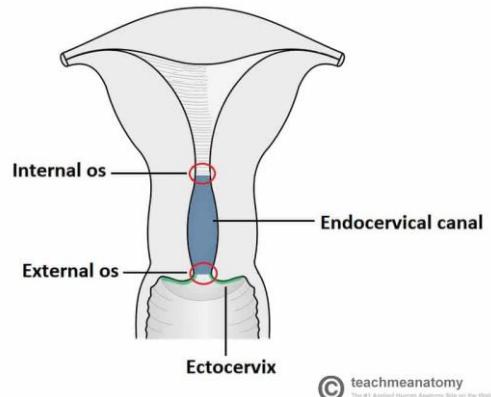
3) Serviks

Serviks adalah bagian bawah dari uterus yang menghubungkan vagina dengan korpus uterus. Secara anatomi dan histologi, serviks berbeda dari uterus, sehingga dianggap sebagai struktur yang terpisah. Serviks dapat terlihat pada pemeriksaan panggul. Mirip dengan vagina, serviks juga

dilapisi selaput lendir, tetapi dengan permukaan yang lebih halus. Serviks terletak di bawah isthmus, dengan bagian atas sejajar dengan plika vesico-uterina. Bagian belakang serviks tertutup oleh peritoneum, sedangkan bagian lateralnya terhubung ke pelvis melalui Ligamentum Kardinale (Ligamentum Makenrodt).

Serviks terdiri dari dua bagian utama, yaitu ektoserviks dan kanal endoserviks (kanalis servikalis):

- a) **Ektoserviks:** Ektoserviks adalah bagian yang menonjol ke dalam vagina, yang dikenal dengan sebutan portio. Bagian ini dilapisi oleh epitel skuamosa non-keratin terstratifikasi. Bagian yang terbuka disebut ostium uteri eksternum (OUE).
- b) **Endoserviks / Kanal Endoserviks:** Bagian ini terletak lebih dekat ke dalam dan merupakan bagian dalam dari serviks. Kanal ini dilapisi oleh epitel kolumnar sederhana yang menghasilkan lendir. Kanal endoserviks juga disebut kanalis servikalis. Di ujung dalam kanal servikalis terdapat penyempitan yang disebut ostium uteri internum (OUI).



Gambar 1.5 Serviks

Sumber : <https://teachmeanatomy.info/pelvis/female-reproductive-tract/cervix/>

Bentuk serviks pada wanita nullipara (yang belum pernah melahirkan) cenderung bulat sempurna, sementara pada wanita multipara (yang pernah melahirkan) terdapat perubahan pada bentuk bibir atas dan bibir bawah serviks. Jaringan serviks sebagian besar terdiri dari jaringan ikat, dengan hanya sekitar 10% terdiri dari otot polos. Oleh karena itu, pada saat persalinan, serviks bersifat pasif. Pembukaan serviks terjadi akibat kontraksi otot uterus dan otot levator ani. Kegagalan serviks dalam membuka dengan baik dapat menyebabkan caput succedaneum. Selain itu, penting untuk melakukan evaluasi terhadap kondisi infeksi pada

serviks, seperti servisitis, erosi portio, dan keganasan serviks, seperti karcinoma serviks (kanker serviks).

Serviks menghasilkan lendir yang konsistensinya berubah sepanjang siklus menstruasi, yang berfungsi mendukung atau mencegah terjadinya kehamilan. Lendir serviks menjadi petunjuk adanya ovulasi dan perubahan bentuknya dapat diamati untuk memprediksi masa subur. Pada awal siklus, lendir serviks tebal dan tidak dapat dilalui sperma. Namun, saat ovulasi, lendir berubah menjadi lebih jernih dan elastis akibat peningkatan hormon estrogen, yang memungkinkan sperma bergerak melalui lendir menuju uterus dan tuba falopi, tempat terjadinya pembuahan.

Bentuk serviks pada wanita nullipara (belum pernah melahirkan) berbentuk bulat utuh, sedangkan pada wanita multipara (pernah melahirkan) terdapat perubahan pada bentuk bibir atas dan bibir bawah. Jaringan serviks didominasi oleh jaringan ikat dan hanya sekitar 10% terdiri dari otot polos. Karena itu, saat persalinan, serviks bersifat pasif. Pembukaan serviks terjadi akibat retraksi otot uterus dan muskulus levator ani. Implikasi klinis dari kegagalan serviks dalam membuka dengan baik dapat mengarah pada caput succedaneum. Selain itu, penting untuk melakukan evaluasi terhadap kondisi infeksi serviks seperti servisitis, erosi portio, dan keganasan pada serviks, seperti *karcinoma serviks* (kanker serviks).

Serviks menghasilkan lendir yang konsistensinya berubah selama siklus menstruasi, berfungsi untuk mendukung atau mencegah kehamilan. Lendir serviks merupakan indikator bahwa ovulasi akan terjadi, dan perubahan bentuknya dapat diamati untuk memprediksi masa subur.

Pada awal siklus, lendir serviks tebal dan tidak dapat ditembus oleh sperma. Namun, saat ovulasi, lendir berubah menjadi lebih jernih dan elastis karena peningkatan kadar hormon estrogen, yang memungkinkan sperma bergerak melalui lendir menuju uterus dan tuba falopi, tempat terjadinya pembuahan.

Pasokan darah ke serviks dan uterus berasal dari arteri uterine. Drainase vena dilakukan melalui pleksus vena di ligamentum latum yang mengalir ke vena uterus.

a) Arteri

- Arteri uterine (percabangan dari arteri iliaka internal)
- Arteri vaginal (berhubungan dengan arteri pudendal internal melalui anastomosis)

b) Vena

Vena mengalir melalui plexus vena uterine dan menuju vena iliaka internal.

c) Limfatik

Drainase limfatis melalui kelenjar getah bening atau nodus limfatis di wilayah iliaka, sakrum, dan inguinal.

Fungsi:

- a) Memfasilitasi perjalanan sperma menuju cavum uteri (rongga rahim) melalui pelebaran os eksternal dan internal.
- b) Mempertahankan sterilitas saluran reproduksi bagian atas, dengan mencegah invasi bakteri melalui pelepasan lapisan endometrium setiap bulan dan dengan menghasilkan lendir serviks yang tebal serta os eksternal yang sempit.
- c) Dilatasi dan menarik diri selama persalinan untuk memungkinkan kelahiran bayi dan plasenta melalui vagina.

4) Tuba Falopi

Tuba falopi, juga dikenal sebagai saluran telur atau salpinx, adalah struktur berbentuk tabung bilateral yang terletak di atas ligamentum latum dan memanjang dari uterus menuju ovarium. Panjangnya sekitar 10–12 cm dengan diameter 3–8 mm. Ujung lateralnya berbentuk seperti trompet yang berakhir dengan struktur berfimbria, salah satunya melekat pada ovarium. Fungsi utama tuba falopi adalah menangkap ovum, menjadi tempat terjadinya fertilisasi, dan mengantarkan hasil konsepsi menuju uterus untuk implantasi.

Tuba falopi berada di tepi ligamentum latum, memanjang ke arah lateral dari fundus uteri, dan menembus dinding posterior menuju rongga peritoneum di dekat ovarium. Tuba falopi terdiri atas empat bagian utama:

- a) Pars interstitialis/intramularis: terletak di antara otot rahim, mulai dari ostium internum tuba
- b) Pars isthmica tuba/Isthmus: Bagian paling sempit yang menghubungkan ampula dengan cavum uteri.
- c) Pars ampularis tuba/Ampulla: Bagian terlebar tempat fertilisasi biasanya terjadi.
- d) Pars infundibulo tuba /Infundibulum: Bagian berbentuk corong dekat ovarium, tempat fimbria berada.
- e) Fimbria: Struktur menyerupai jari yang bersilia untuk menangkap ovum dari ovarium.

Struktur histologi tuba falopi terdiri atas lumen yang dilapisi oleh epitel kolumnar bersilia, dengan silia yang bergerak secara konsisten menuju uterus untuk memfasilitasi pergerakan zigot yang tidak bermotil menuju cavum uteri, tempat implantasi terjadi. Kerusakan pada silia atau gangguan gerakannya dapat menyebabkan implantasi embrio pada tuba falopi, yang dikenal sebagai kehamilan ektopik. Tunika mukosa tuba memiliki banyak lipatan yang menempati sebagian besar lumen dan berperan penting dalam transportasi zigot ke uterus. Infeksi yang menyebabkan perlekatan di antara lipatan mukosa dapat menghambat atau bahkan menghalangi pergerakan ovum yang telah dibuahi. Tunika muskularis tuba terdiri dari beberapa lapisan otot polos yang membantu motilitas tuba melalui gerakan peristaltik untuk mendorong zigot ke uterus, dengan bantuan epitel bersilia. Tunika serosa, yang merupakan perpanjangan dari peritoneum, melapisi tuba falopi dan berlanjut dengan mesosalphinx.

Pasokan darah ke tuba falopi sebagian besar berasal dari arteri uterina dan ovarika, dengan drainase vena melalui vena uterina dan ovarika. Drainase limfatik terjadi melalui kelenjar getah bening iliaka, sakrum, dan aorta. Persarafan tuba falopi terdiri dari saraf simpatis yang berasal dari segmen tulang belakang T10-L2, serta saraf parasimpatis yang memasok bagian medial tuba dari saraf splanknik panggul, dan bagian lateral dari nervus vagus.

Fungsi:

- a) Transportasi Ovum: tuba falopi berperan penting dalam menangkap ovum yang dilepaskan dari ovarium selama ovulasi. Fimbria di ujung infundibulum membengkak dan bergerak untuk memastikan oosit masuk ke dalam tuba falopi. Penelitian menunjukkan bahwa gerakan silia epitel kolumnar bersilia dan kontraksi peristaltik otot polos tuba memainkan peran kunci dalam memindahkan ovum menuju uterus.
- b) Tempat fertilisasi: ampulla tuba falopi adalah lokasi utama di mana fertilisasi atau konsepsi terjadi. Studi telah menemukan bahwa lingkungan tuba menyediakan kondisi optimal, termasuk sekresi nutrien yang mendukung pertemuan sperma dan ovum serta perkembangan awal zigot.
- c) Perlindungan dan nutrisi embrio: selama fase awal perkembangan zigot, tuba falopi memberikan dukungan nutrisi melalui cairan tuba yang kaya akan glikoprotein dan faktor pertumbuhan. Penelitian menunjukkan bahwa cairan ini mendukung perkembangan embrio hingga mencapai tahap blastokista sebelum implantasi di uterus.

- d) Transportasi embrio: gerakan silia epitel tuba dan kontraksi otot polos membantu memindahkan embrio dari ampulla menuju cavum uteri. Penelitian menyebutkan bahwa disfungsi silia atau hambatan pada tuba, seperti akibat infeksi atau adhesi, dapat menyebabkan kehamilan ektopik.
- e) Pencegahan infeksi: tuba falopi memiliki peran imunologis dengan menghasilkan sekresi yang mengandung enzim dan antibodi untuk mencegah invasi mikroorganisme patogen ke saluran reproduksi atas.
- f) Regulasi interaksi gamet: penelitian terbaru menunjukkan bahwa tuba falopi dapat berperan dalam seleksi sperma melalui sekresi kimia tertentu, yang mempengaruhi kualitas sperma yang mencapai ovum, sehingga meningkatkan kemungkinan keberhasilan fertilisasi.

5) Ovarium

Ovarium adalah organ berbentuk seperti biji kenari yang terletak di kanan dan kiri uterus, tepat di bawah tuba falopi. Ovarium terikat pada bagian belakang ligamentum latum uteri dan berperan sebagai tempat penyimpanan dan pematangan oosit (ovum yang belum matang). Setiap oosit dikelilingi oleh sel folikel yang menyediakan nutrisi. Selama siklus menstruasi, salah satu oosit mengalami pematangan hingga membentuk folikel vesikuler atau folikel de Graaf. Selain itu, ovarium berfungsi sebagai organ endokrin yang menghasilkan hormon estrogen dan progesteron, di bawah pengaruh gonadotropin yang diselesaikan oleh hipofisis anterior.

Ovarium merupakan organ gonad wanita yang berpasangan dan terletak di rongga panggul. Struktur ini didukung oleh mesovarium, yaitu perpanjangan peritoneum yang menghubungkan ovarium dengan ligamentum latum. Ovarium memiliki ukuran sekitar $2 \times 4 \times 1,5$ cm dan terletak di bagian lateral pelvis. Ligamentum ovarium menghubungkan ovarium dengan uterus, sedangkan mesovarium menghubungkannya dengan ligamentum latum.

Ovarium memiliki tiga bagian utama, yaitu:

- a) Bagian permukaan: Dilapisi oleh epitel kuboid sederhana yang disebut sel germinal, di bawahnya terdapat kapsul jaringan ikat padat (tunica albuginea).
- b) Bagian korteks: Mengandung stroma jaringan ikat yang dipenuhi folikel ovarium pada berbagai tahap perkembangan. Sebelum pubertas, ovarium berisi folikel primordial, sedangkan selama usia reproduksi, folikel matang (folikel de Graaf) akan melepaskan oosit saat ovulasi.
- c) Bagian medulla: Terdiri dari jaringan ikat longgar dengan pembuluh darah dan saraf yang memasuki ovarium melalui hilus.

Ovarium didukung oleh dua ligamentum, yaitu:

- a) Ligamentum suspensorium ovari: Lipatan peritoneum yang menghubungkan ovarium dengan dinding panggul, membawa pembuluh darah dan saraf.
- b) Ligamentum ovarii proprium: Menghubungkan ovarium dengan fundus uteri dan berlanjut ke jaringan labia majora sebagai ligamentum rotundum.

Ovarium mendapatkan suplai darah utama dari arteri ovarium, cabang langsung dari aorta abdominalis, serta arteri uterina. Drainase vena ovarium kanan langsung menuju vena cava inferior, sedangkan yang kiri ke vena renalis kiri. Drainase limfatik menuju nodus limfatik pre-aorta dan aorta.

Ovarium menerima persarafan simpatis dan parasimpatis melalui pleksus ovarium dan pleksus uterovaginal. Saraf-saraf ini masuk melalui ligamentum suspensorium ovarium dan hilus ovarium.

Fungsi:

- a) Produksi Oosit (Sel Telur): Ovarium bertanggung jawab untuk memproduksi oosit, yang merupakan sel reproduksi wanita. Oosit ini berkembang dari folikel primordial yang ada sejak lahir dan dipicu oleh hormon gonadotropin (FSH dan LH) yang diproduksi oleh kelenjar hipofisis. Setiap bulan, satu folikel matang, melepaskan oosit yang siap untuk dibuahi dalam proses ovulasi.
- b) Produksi Hormon Seks Steroid: Ovarium juga berfungsi sebagai kelenjar endokrin yang menghasilkan hormon seks seperti estrogen dan progesteron. Estrogen berperan penting dalam mengatur siklus menstruasi, perkembangan karakteristik seksual sekunder, dan mempersiapkan tubuh untuk kehamilan. Progesteron, yang diproduksi setelah ovulasi, berperan dalam mempersiapkan endometrium untuk menerima telur yang dibuahi dan mendukung kehamilan.

2. Struktur Organ Reproduksi Laki-laki

a. Organ Bagian Luar

1) Penis

Penis (dari bahasa Latin yang berarti "ekor", dengan akar kata yang sama dengan phallus) adalah alat kelamin jantan. Penis berfungsi sebagai organ genital pria yang digunakan dalam hubungan seksual.

Penis terdiri dari beberapa bagian utama yang memiliki fungsi berbeda:

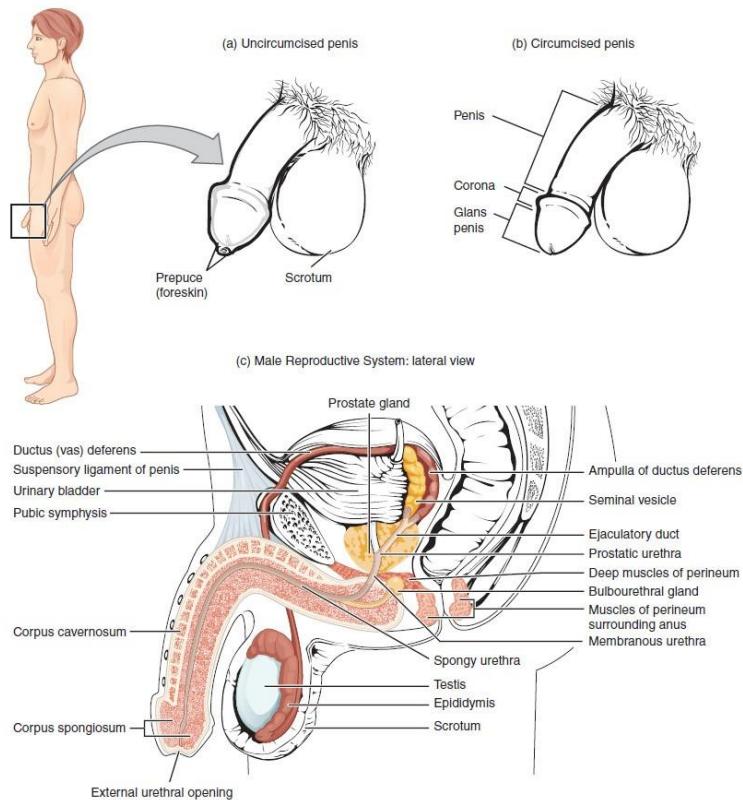
- a) Akar (Root): Bagian penis yang terletak di dalam tubuh dan terhubung dengan panggul. Akar penis ini mengandung tiga jaringan erektil (dua krura dan satu bulbus penis), serta dua otot (iskhiocavernosus dan bulbospongiosus).
- b) Tubuh (Body): Bagian penis yang tampak secara eksternal dan terdiri dari jaringan erektil. Bagian tubuh terdiri dari tiga silinder jaringan erektil, yaitu dua korpus kavernosum dan satu korpus spongiosum. Jaringan erektil ini didukung oleh jaringan fibrosa, dibungkus oleh kulit, dan memiliki banyak pembuluh darah. Tubuh penis merupakan bagian yang paling panjang dan fleksibel, yang memungkinkan penis untuk membesar dan menegang selama rangsangan seksual.
- c) Kepala Penis (Glans Penis): Bagian ujung penis yang lebih besar dan berbentuk bulat, yang memiliki ujung yang sensitif. Glans penis dilindungi oleh kulit yang disebut kulup (prepuceum) pada pria yang belum disunat. Pada ujung glans terdapat meatus urinarius, yaitu lubang tempat keluarnya urin dan sperma.
- d) Kulup (Prepuceum): Kulit yang melapisi dan menutupi glans penis pada pria yang tidak disunat. Kulup ini dapat ditarik ke belakang untuk mengungkapkan glans penis.

Jaringan erektil pada penis terisi darah ketika gairah seksual meningkat, yang menyebabkan terjadinya erektil. Bagian akar dan batang penis terdiri dari tiga silinder jaringan erektil, yaitu dua korpus kavernosum dan satu korpus spongiosum. Jaringan erektil ini mengalirkan lebih banyak darah ke dalam batang penis, yang menyebabkan korpus kavernosum mengeraskan penis. Aliran darah ke penis dapat meningkat dengan stimulasi fisik maupun psikologis.

Penis menerima pasokan darah dari tiga sumber utama, yaitu arteri dorsal penis, arteri dalam (profunda) penis, dan arteri bulbourethral. Ketiga arteri ini adalah cabang dari arteri pudendal internal, yang berasal dari arteri iliaka internal. Vena yang mengalirkan darah dari penis adalah vena pudendal internal dan vena iliaka internal.

Stimulasi parasimpatis menyebabkan terisinya jaringan erektil dengan darah. Hal ini terjadi karena dilatasi arteriol dan kontraksi vena, yang meningkatkan aliran darah ke penis dan menghambat aliran keluar. Ereksi yang terjadi sangat penting dalam proses hubungan seksual.

Penis dipersarafi oleh korda spinalis S2-S4 dan ganglia spinalis. Persarafan sensorik dan simpatis pada kulit dan kelenjar penis disediakan oleh saraf dorsal penis, yang merupakan cabang dari saraf pudendal. Sedangkan persarafan parasimpatis dilakukan oleh saraf kavernosum yang berasal dari pleksus saraf periprostatik dan bertanggung jawab atas perubahan vaskular yang menyebabkan ereksi.



Gambar 1.6 Anatomi Organ Reproduksi Laki-laki

Sumber : <https://www.anatomynote.com/human-anatomy/reproductive>

2) Skrotum

Skrotum merupakan kantung kulit fibromuskuler yang terletak di bawah simfisis pubis, di antara penis dan anus, serta di depan bagian atas paha.

Secara embriologis, skrotum berasal dari pembengkakan genital yang berpasangan. Selama perkembangan embrionik, pembengkakan genital ini bersatu di garis tengah, yang pada dewasa ditandai dengan adanya raphe skrotum. Secara biologis, skrotum homolog dengan labia majora. Skrotum terbagi menjadi dua kompartemen, masing-masing berisi satu

testis, satu epididimis, dan ujung korda spermatik testis. Terdapat serat otot di bawah kulit skrotum yang berfungsi untuk mengatur suhu dengan cara mengerutkan kulit, mengurangi luas permukaan, dan meminimalkan kehilangan panas.

Skrotum menerima suplai darah dari pembuluh darah yang berada di sekitarnya, berbeda dengan testis yang membawa pembuluh darah, saraf, dan drainase limfatik dari perut saat perkembangannya.

- a) Arteri: Skrotum mendapatkan suplai darah dari arteri skrotum anterior dan posterior. Arteri skrotum anterior berasal dari arteri pudenda eksternal, sementara arteri skrotum posterior berasal dari arteri pudenda internal.
- b) Vena: Vena skrotum mengikuti jalur arteri utama dan mengalir ke vena pudenda eksternal.
- c) Limfatik: Cairan limfatik dari skrotum mengalir ke kelenjar inguinal terdekat.

Persarafan kulit skrotum disuplai oleh beberapa saraf yang sesuai dengan topografi bagian-bagiannya:

- a) Bagian anterior dan anterolateral: Saraf skrotum anterior berasal dari cabang saraf genitofemoral dan saraf ilioinguinal.
- b) Bagian posterior: Saraf skrotum posterior berasal dari cabang perineum dari saraf pudendal dan saraf kutaneus femoralis posterior.

Fungsi:

- a) Melindungi Testis: Skrotum berfungsi sebagai pelindung bagi testis, menjaga organ ini dari cedera fisik dan memastikan lingkungan yang optimal untuk produksi sperma.
- b) Mengatur Suhu Testis: Suhu testis harus sedikit lebih rendah dari suhu tubuh untuk produksi sperma yang optimal. Skrotum mengatur suhu ini dengan cara mengendurkan dan mengerutkan kulitnya, yang memungkinkan testis untuk berada lebih jauh dari tubuh (ketika suhu tubuh terlalu tinggi) atau lebih dekat ke tubuh (ketika suhu tubuh terlalu rendah), menjaga suhu testis tetap sekitar 34-35°C, sedikit lebih rendah dari suhu tubuh.
- c) Mendukung Fungsi Seksual: Skrotum berperan dalam respons seksual pria dengan mengencangkan dan berkontraksi selama rangsangan seksual, yang berkontribusi pada proses ereksi dan ejakulasi.

b. Organ Bagian Dalam

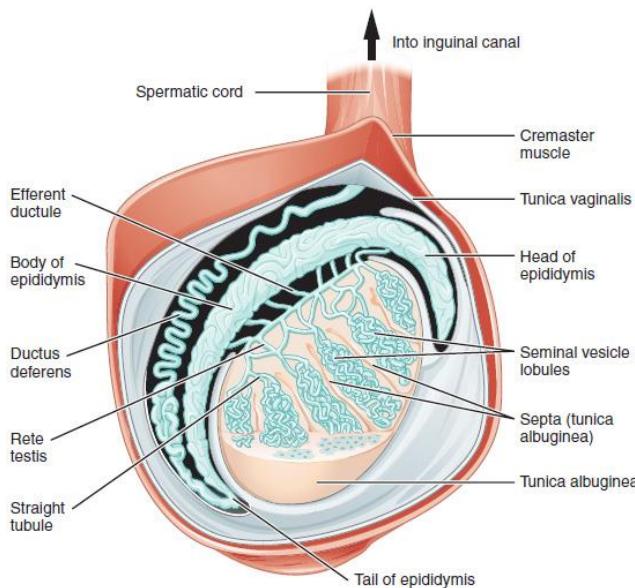
1) Testis

Testis mulai terbentuk di rongga perut janin sekitar usia 28 minggu kehamilan, dan seiring dengan perkembangan kehamilan, testis akan turun ke dalam skrotum, yaitu kantong kulit yang terletak di pangkal paha. Suhu di dalam skrotum sekitar 35,5°C, sedikit lebih rendah dari suhu tubuh, yang diperlukan untuk proses produksi sperma.

Testis memiliki bentuk oval, berwarna putih, dan berukuran sekitar 4 cm panjang, 2,5 cm lebar, dan 3 cm ketebalan. Masing-masing testis memiliki berat antara 10 hingga 14 gram dan terbagi menjadi beberapa lobus. Setiap lobus mengandung tubulus seminiferus, yang merupakan tempat terjadinya spermatogenesis atau proses pembentukan sperma. Di antara spermatogonia (sel yang berfungsi sebagai cikal bakal sperma), terdapat sel-sel Sertoli yang berperan dalam mendukung spermatogenesis dan menghasilkan hormon inhibin yang dipengaruhi oleh hormon testosteron. Di antara tubulus seminiferus juga terdapat sel-sel interstisial yang menghasilkan testosteron saat distimulasi oleh luteinizing hormone (LH) dari kelenjar hipofisis anterior. Testosteron memainkan peran penting tidak hanya dalam pematangan sperma, tetapi juga dalam perkembangan karakteristik kelamin sekunder pria, seperti pertumbuhan rambut tubuh, suara yang lebih dalam, dan perubahan fisik lainnya yang terjadi saat pubertas.

Sperma yang dihasilkan di tubulus seminiferus akan mengalir ke jaringan tubular yang disebut rete testis, lalu diteruskan ke epididimis, yaitu saluran reproduksi pertama di mana sperma matang dan disimpan. Proses ini berlangsung setelah sperma diproduksi di testis.

Testis dilapisi oleh lapisan fibrosa padat yang disebut tunica albuginea, yang membagi testis menjadi sekitar 200 hingga 300 tubulus seminiferus. Dalam proses spermatogenesis, sekitar 300 juta sperma diproduksi setiap hari oleh kedua testis. Setelah produksi, sperma akan mengalir melalui saluran reproduksi pria, menuju epididimis untuk matang sebelum siap untuk dibuang melalui ejakulasi.



Gambar 1.7 Belahan Testis

Sumber : <https://www.anatomynote.com/human-anatomy/reproductive>

Ketika sperma memasuki saluran reproduksi wanita, mereka memiliki kemampuan bertahan hidup hingga 18 jam dalam saluran telur (tuba falopi), tergantung pada kondisi lingkungan. Sperma memiliki struktur yang memungkinkan mereka untuk mencapai dan menembus sel telur. Sperma terdiri dari tiga bagian utama: kepala, bagian tengah, dan ekor. Kepala mengandung materi inti dan akrosom, yang berisi enzim-enzim seperti hyaluronidase dan proteinase yang memfasilitasi penetrasi sperma ke dalam sel telur. Bagian tengah mengandung mitokondria yang menghasilkan energi untuk pergerakan sperma, sementara ekor berbentuk cambuk yang memungkinkan sperma untuk bergerak dengan kecepatan yang diperlukan untuk mencapai dan membuahi sel telur.

Fungsi:

- Produksi Sperma (Spermatogenesis): Testis berperan utama dalam menghasilkan sperma. Spermatogenesis terjadi di dalam tubulus seminiferus yang terdapat di dalam testis. Proses ini melibatkan pembentukan sel-sel sperma dari sel-sel germinal, yang matang dan siap untuk dibuahi setelah melewati beberapa tahap perkembangan. Sperma yang sudah matang akan bergerak menuju epididimis untuk proses pematangan lebih lanjut.
- Produksi Hormon Testosteron: Testis juga menghasilkan hormon testosteron, yang diproduksi oleh sel interstisial (sel Leydig) di antara tubulus seminiferus. Testosteron berperan dalam pengembangan karakteristik kelamin sekunder pria, seperti perkembangan suara yang

lebih dalam, pertumbuhan rambut tubuh, dan perubahan tubuh lainnya yang terjadi selama pubertas. Selain itu, testosteron juga mendukung fungsi seksual pria dan mempengaruhi gairah seksual, kualitas sperma, serta massa otot dan kepadatan tulang.

2) Ductus Seminiferus

Ductus seminiferus (atau tubulus seminiferus) adalah saluran kecil yang terdapat di dalam testis dan merupakan tempat utama terjadinya spermatogenesis, yaitu proses pembentukan sperma. Setiap testis terdiri dari sekitar 250 hingga 300 tubulus seminiferus yang saling terhubung satu sama lain melalui saluran yang lebih besar. Di dalam ductus seminiferus, sel-sel germinal yang belum matang berkembang menjadi sperma yang siap untuk dibawa keluar dari testis.

Proses spermatogenesis dimulai dari sel-sel spermatogonia yang berada di dinding tubulus seminiferus, berkembang menjadi spermatosit dan akhirnya menjadi spermatid, yang kemudian bertransformasi menjadi sperma. Proses ini memakan waktu sekitar 64 hingga 72 hari untuk menghasilkan sperma yang matang. Ductus seminiferus dilapisi oleh epitel germinal yang terdiri dari beberapa lapisan sel, dengan lapisan terluar berisi sel sertoli yang memberi nutrisi dan dukungan struktural untuk perkembangan sperma. Di antara tubulus seminiferus terdapat sel Leydig yang menghasilkan hormon testosteron, yang berperan penting dalam perkembangan karakteristik kelamin pria dan mendukung spermatogenesis.

Setelah sperma matang di dalam ductus seminiferus, mereka akan mengalir melalui saluran kecil menuju rete testis, dan kemudian dilanjutkan ke epididimis, tempat sperma disimpan sementara dan mengalami pematangan lebih lanjut. Secara keseluruhan, ductus seminiferus berperan penting dalam produksi sperma dan mendukung fungsi reproduksi pria.

3) Epididimis

Epididimis adalah saluran panjang yang berkelok-kelok, sekitar 6 meter, yang menghubungkan testis dengan vas deferens. Saluran ini dilapisi oleh epitel bersilia yang membantu pergerakan spermatozoa menuju vas deferens. Epididimis berfungsi sebagai tempat pematangan spermatozoa. Setelah spermatogenesis selesai di tubulus seminiferus, spermatozoa dipindahkan ke caput epididimis, dan proses pematangan akhir berlangsung di kauda epididimis. Melalui kontraksi otot myoepithelial di kauda, spermatozoa didorong menuju vas deferens.

Epididimis juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara bagi sel sperma hingga mereka matang dan siap bergerak menuju vas deferens.

Proses pematangan ini memerlukan waktu antara 18 jam hingga 10 hari. Selain itu, epididimis juga berperan dalam mendorong sperma ke arah uretra saat ejakulasi melalui kontraksi otot polos. Sperma dapat berada dalam epididimis hingga satu bulan sebelum diserap kembali.

Fungsi:

- c) Tempat Maturasi Sperma: Setelah spermatogenesis selesai di tubulus seminiferus, spermatozoa dipindahkan ke epididimis untuk proses pematangan. Di sini, sperma mengalami perubahan yang memungkinkan mereka menjadi lebih aktif dan dapat bergerak dengan baik.
- d) Penyimpanan Sperma: Epididimis berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara bagi sperma sampai mereka siap untuk ejakulasi. Sperma bisa disimpan selama beberapa minggu di epididimis sebelum digunakan atau diserap kembali jika tidak dibutuhkan.
- e) Transportasi Sperma: Epididimis berfungsi untuk mengangkut sperma dari testis ke vas deferens, yang kemudian mengarah ke uretra saat ejakulasi.
- f) Penyempurnaan Kualitas Sperma: Di dalam epididimis, sperma mendapatkan kemampuan untuk bergerak dan memperoleh kekuatan yang diperlukan untuk mencapai dan menembus sel telur.
- g) Penyediaan Energi: Epididimis juga membantu menyediakan energi yang dibutuhkan oleh sperma melalui proses metabolisme yang terjadi selama mereka berada di saluran

4) Vas Deferens

Vas deferens, yang juga dikenal dengan sebutan duktus deferens, adalah saluran panjang yang menghubungkan epididimis dalam skrotum ke rongga abdomen melalui kanalis inguinalis pada kedua sisi tubuh. Saluran ini merupakan bagian dari funikulus spermatikus, sebuah selubung jaringan ikat yang berisi duktus deferens, pembuluh darah, dan saraf. Karena kanalis inguinalis merupakan bagian dari dinding muskular, area ini rentan terhadap pembentukan hernia pada pria.

Di dalam rongga abdomen, duktus deferens bergerak ke atas menuju vesika urinaria, kemudian melengkung turun di sisi posterior dan bergabung dengan duktus ejakulatorius. Duktus deferens memiliki lapisan otot yang dapat berkontraksi, menghasilkan gelombang peristaltik selama ejakulasi. Saluran dari epididimis diteruskan ke dalam duktus deferens atau saluran sperma. Bagian ujung dari saluran ini disebut ampula. Duktus deferens menyimpan sperma selama beberapa bulan dan, saat ejakulasi, mendorong

sperma ke arah uretra melalui kontraksi peristaltik dan otot-otot yang mengelilinginya.

Fungsi Vas Deferens:

- a) Transportasi Sperma: Vas deferens berfungsi untuk mengangkut sperma dari epididimis menuju uretra selama proses ejakulasi. Sperma yang disimpan di epididimis akan bergerak melalui vas deferens menuju ampula, tempat sperma disiapkan untuk dikeluarkan.
 - b) Penyimpanan Sperma: Sebagian dari vas deferens, khususnya ampula, berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara sperma sebelum ejakulasi. Sperma dapat disimpan dalam waktu tertentu hingga siap untuk dikeluarkan.
 - c) Ejakulasi: Selama ejakulasi, otot-otot polos yang ada di duktus deferens berkontraksi, menghasilkan gelombang peristaltik yang mendorong sperma menuju uretra dan keluar dari tubuh melalui penis.
 - d) Menghubungkan Epididimis dengan Uretra: Vas deferens adalah saluran penghubung antara epididimis (tempat sperma matang) dan uretra, yang membawa sperma keluar dari tubuh.
- 5) Ductus Ejakulatorius/saluran ejakulasi

Ductus ejakulatorius, atau saluran ejakulasi, adalah saluran yang berfungsi untuk mengalirkan ejakulat (sperma dan cairan semen) menuju uretra, tempat keluarnya cairan tersebut selama ejakulasi. Saluran ini memiliki panjang sekitar 2-3 cm dan terbentuk dari gabungan dua saluran, yaitu vas deferens dan ductus seminalis (saluran dari vesikula seminalis).

Proses pembentukan ductus ejakulatorius dimulai saat vas deferens yang membawa sperma dari epididimis bertemu dengan ductus seminalis dari vesikula seminalis yang mengeluarkan cairan semen. Saluran ejakulasi ini kemudian berjalan melewati prostat sebelum akhirnya bergabung dengan uretra.

Fungsi:

- a) Mengarahkan Sperma: Ductus ejakulatorius mengalirkan sperma yang berasal dari vas deferens (saluran sperma) menuju uretra.
- b) Mengalirkan Cairan Semen: Selain sperma, ductus ejakulatorius juga membawa cairan dari vesikula seminalis yang mengandung fruktosa dan berbagai zat lain yang mendukung kelangsungan hidup sperma dan membantu proses pembuahan.
- c) Menggabungkan Sperma dan Cairan Semen: Ductus ejakulatorius merupakan tempat di mana sperma yang dibawa oleh vas deferens

bercampur dengan cairan dari vesikula seminalis, membentuk ejakulat yang siap dikeluarkan.

- d) Mendorong Ejakulat ke Uretra: Selama ejakulasi, kontraksi otot polos di sekitar ductus ejaculatorius mendorong ejakulat ke dalam uretra, untuk kemudian dikeluarkan melalui penis.

6) Kelenjar Kelamin

a) Vesika seminalis

Vesika seminalis adalah sepasang kelenjar yang terletak di belakang kandung kemih pria, tepatnya di bagian posterior dan atas prostat. Kelenjar ini berfungsi menghasilkan sebagian besar cairan semen. Vesika seminalis menyatu dengan vas deferens pada bagian distal, dan masing-masing pria memiliki dua vesika seminalis, satu di sebelah kanan dan satu di sebelah kiri. Bentuknya menyerupai kantung kecil yang memanjang dan berkelok-kelok, dengan panjang sekitar 5–7 cm dan diameter 2–3 cm pada pria dewasa. Dinding vesika seminalis terdiri dari otot polos dan jaringan epitel, yang dilapisi oleh sel-sel sekretori yang memproduksi cairan seminal.

Fungsi:

- Produksi Cairan Semen: Vesika seminalis menghasilkan sebagian besar cairan yang membentuk semen mencakup sekitar 60-70% dari total volume ejakulasi. Cairan ini mengandung fruktosa, prostaglandin, dan protein yang memberikan energi untuk sperma, serta zat-zat lainnya yang mendukung kelangsungan hidup dan mobilitas sperma. Cairan vesika seminal juga mengandung enzim yang membantu dalam pembekuan dan pencairan semen setelah ejakulasi, serta zinc yang berfungsi sebagai pelindung sperma.
- Penyambungan dengan Vas Deferens: Vesika seminalis terhubung dengan vas deferens melalui saluran yang disebut ductus ejaculatorius (saluran ejakulasi). Saluran ini mengarah ke uretra dan berfungsi untuk menyalurkan cairan seminal yang mengandung sperma ke dalam uretra saat ejakulasi. Saat ejakulasi terjadi, otot polos pada dinding vesika seminalis berkontraksi untuk mendorong cairan menuju saluran ejakulasi, yang selanjutnya mengalir ke uretra.
- Penyimpanan Sementara Sperma: Selain menghasilkan cairan seminal, vesika seminalis juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara sperma. Sperma yang diproduksi di testis akan mengalir melalui epididimis dan vas deferens menuju vesika seminalis sebelum akhirnya disatukan dengan cairan seminal untuk membentuk ejakulat.

- Hubungan dengan Kelenjar Prostat: Meski vesika seminalis dan kelenjar prostat memiliki fungsi yang terpisah, kedua kelenjar ini berperan dalam proses ejakulasi. Setelah cairan dari vesika seminalis bercampur dengan sperma di vas deferens, cairan ini digabungkan dengan cairan dari prostat sebelum akhirnya dikeluarkan melalui uretra saat ejakulasi.

b) Prostat

Prostat adalah kelenjar berbentuk kerucut dengan panjang sekitar 4 cm, lebar 3 cm, dan ketebalan 2 cm, dengan berat sekitar 8 gram. Prostat mengelilingi bagian atas uretra dan terletak berdekatan dengan serviks vesika urinaria. Kelenjar ini tersusun dari jaringan kelenjar dan serabut-serabut otot polos (involunter) yang terbungkus dalam kapsul fibrosa. Jaringan otot prostat berfungsi untuk membantu proses ejakulasi. Prostat menghasilkan cairan ejakulat yang dikeluarkan bersama sperma saat ejakulasi. Sekret prostat ini bercampur dengan cairan seminal ketika spermatozoa dan cairan seminal melewati uretra.

Cairan prostat diproduksi secara terus-menerus dan juga dikeluarkan ke dalam urin. Setiap hari, sekitar 1 ml cairan diproduksi, meskipun jumlah ini bergantung pada kadar testosteron. Cairan prostat memiliki pH sekitar 6,6 dan memiliki komposisi yang mirip dengan plasma darah, namun mengandung beberapa bahan tambahan, seperti kolesterol, asam sitrat, dan enzim hyaluronidase. Prostat mengelilingi bagian atas uretra dan terletak di bawah kantung kemih. Sebagai kelenjar sekresi terbesar, cairan yang dihasilkan oleh prostat bersifat encer dan seperti susu, mengandung enzim antikoagulan, sitrat (nutrisi untuk sperma), sedikit asam, kolesterol, garam, dan fosfolipid, yang semuanya mendukung kelangsungan hidup sperma.

Fungsi:

- **Produksi Cairan Prostat:** Kelenjar prostat menghasilkan cairan prostat yang merupakan bagian penting dari semen. Cairan ini memiliki pH sedikit asam dan mengandung berbagai zat, termasuk kolesterol, asam sitrat, fosfolipid, dan enzim hyaluronidase.
- **Mendukung Kelangsungan Hidup Sperma:** Cairan prostat menyediakan lingkungan yang lebih bersahabat bagi sperma, dengan memberi nutrisi (seperti sitrat) dan membantu menjaga mobilitas sperma. Ini berperan dalam meningkatkan kemungkinan fertilisasi.
- **Ejakulasi:** Otot polos di dalam prostat membantu dalam ejakulasi dengan mengontraksikan dan memaksa cairan ejakulasi ke dalam

uretra. Ini membantu mengeluarkan sperma dari saluran reproduksi pria ke luar tubuh.

- **Meningkatkan Pencairan Semen:** Cairan yang dihasilkan oleh prostat mencairkan semen yang terkandung dalam cairan seminal, memudahkan sperma bergerak dan bertahan hidup lebih lama dalam saluran reproduksi wanita.
- **Melindungi Sperma:** Enzim antikoagulan dalam cairan prostat membantu mencegah sperma menggumpal setelah ejakulasi, yang memungkinkan sperma tetap aktif dan dapat bergerak dengan bebas menuju sel telur.

c) Bulbourethral/ Cowper

Kelenjar bulbourethral, yang juga dikenal sebagai kelenjar Cowper, adalah sepasang kelenjar kecil yang terletak di bawah prostat dan sepanjang bagian posterior uretra, tepatnya di sebelah kanan dan kiri dari uretra bagian proksimal. Kelenjar ini terletak di bawah lapisan otot dasar panggul dan di depan otot-otot perineum.

Setiap kelenjar bulbourethral berukuran sekitar 1-2 cm dan berbentuk oval atau bulat kecil. Kelenjar ini memiliki saluran yang mengarah ke dalam uretra, yang berfungsi untuk mengeluarkan sekret cairan. Saluran kelenjar ini bermuara ke dalam uretra di dekat bagian awal, tepatnya di bawah lapisan prostat, sebelum mencapai bagian tengah uretra.

Fungsi:

- **Menetralkis Keasaman Uretra:** Kelenjar bulbourethral menghasilkan cairan yang bersifat basa (alkali) untuk menetralkis keasaman yang mungkin ada di uretra akibat sisa urine. Ini sangat penting untuk menjaga kondisi yang optimal bagi sperma yang akan melewati uretra selama ejakulasi.
- **Pelumasan Uretra:** Cairan yang dihasilkan kelenjar ini juga berfungsi sebagai pelumas untuk uretra, membantu mengurangi gesekan yang terjadi saat sperma melewati saluran tersebut, dan memfasilitasi proses ejakulasi.
- **Melindungi Sperma:** Cairan basa ini melindungi sperma dari kerusakan akibat pH asam pada saluran reproduksi wanita, seperti yang ditemukan di vagina. Hal ini memungkinkan sperma untuk bergerak lebih efisien dan bertahan hidup lebih lama dalam lingkungan baru yang berbeda.
- **Pembersihan Uretra:** Sebelum ejakulasi, cairan dari kelenjar bulbourethral membersihkan uretra dari sisa-sisa urin atau kotoran,

sehingga memberikan jalur yang lebih bersih dan lebih aman bagi sperma.

- **Menyiapkan Saluran Reproduksi:** Sekresi kelenjar ini membantu mempersiapkan uretra untuk ejakulasi, memberikan kondisi yang lebih baik untuk perjalanan sperma dan meningkatkan peluang keberhasilan pembuahan.

Cairan sperma, yang juga dikenal sebagai air mani, merupakan campuran antara sperma dan sekresi dari kantung sperma, kelenjar prostat, serta kelenjar bulbouretra. Rata-rata volume cairan sperma yang dikeluarkan saat ejakulasi berkisar antara 2,5 hingga 6 ml, dengan konsentrasi sperma sekitar 30 juta sperma per mililiter. Jika jumlah sperma kurang dari 30 juta per mililiter, maka dapat diperkirakan bahwa pria tersebut mengalami sterilitas. Cairan sperma memiliki pH antara 7,35 hingga 7,50, yang bersifat basa. Sekresi dari kelenjar prostat memberikan tampilan cairan sperma yang menyerupai susu, sementara cairan yang dikeluarkan oleh kelenjar kantung sperma dan bulbouretra memiliki sifat yang lebih kental dan lendir.

7) Uretra

Merupakan ujung saluran reproduksi laki-laki, yang berfungsi sebagai saluran sperma dan urin. Pada laki-laku uretra ini akan melewati kelenjar prostat, selaput (diafragma) urogenital, dan penis. Ujung uretra penis disebut *urethral orifice*. Uretra pria lebih panjang dibandingkan dengan uretra wanita, dengan panjang sekitar 18 hingga 20 cm.

Fungsi:

- **Mengalirkan Urin:** Uretra berfungsi sebagai saluran pengeluaran urin dari kandung kemih menuju luar tubuh. Proses ini terjadi setelah urin disaring di ginjal dan disimpan dalam kandung kemih. Ketika otot-otot di sekitar kandung kemih berkontraksi, urin didorong ke dalam uretra dan keluar melalui ujung penis.
- **Mengeluarkan Semen (Ejakulasi):** Selain mengalirkan urin, uretra juga berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan air mani (semen) pada saat ejakulasi. Semen yang mengandung sperma dari testis dan cairan dari kelenjar prostat, vesika seminalis, dan kelenjar bulbouretralis, melewati uretra menuju ujung penis saat ejakulasi.

8) Ejakulasi

Ejakulasi terjadi saat pria mencapai orgasme, di mana sperma didorong keluar dari epididimis dan melewati vas deferens serta uretra. Proses ini dipicu oleh kontraksi otot polos yang teratur di dinding vas deferens, yang

dikendalikan oleh saraf simpatik. Otot di dinding vesikula seminalis dan kelenjar prostat juga berkontraksi, memaksa cairan bergerak lebih jauh ke saluran reproduksi. Kombinasi kontraksi otot ini menyebabkan semen keluar melalui sfingter eksternal uretra. Sekitar 10% dari sperma yang dikeluarkan saat ejakulasi berasal dari testis, sementara sisanya berasal dari cairan yang diproduksi oleh prostat dan vesikula seminalis, yang jumlahnya meningkat saat orgasme, termasuk mucus yang dihasilkan di uretra. Semen bersifat sedikit basa untuk menetralkan keasaman vagina. Pada ejakulasi normal, sekitar 2-5 ml semen dikeluarkan, mengandung 40-150 juta sperma per ml. Jika tidak diejakulasikan, sperma secara bertahap kehilangan kemampuannya untuk membuahi setelah beberapa bulan dan akan diserap kembali oleh epididimis.

B. Hormon Reproduksi Manusia

Hormon adalah pengantar pesan kimia yang dilepaskan dari sel-sel endokrin ke dalam aliran darah dan dibawa ke sel-sel target untuk memberikan respon. Hormon memiliki kaitan erat dengan neurotransmitter dan faktor pertumbuhan yang bekerja secara parakrin atau autokrin. Mekanisme kerja hormon melibatkan dua jenis umpan balik, yaitu umpan balik positif dan negatif.

Umpan balik positif terjadi untuk meningkatkan produksi dan merangsang stimulus. Contohnya adalah pelepasan oksitosin saat persalinan dan proses menyusui. Ketika bayi menyusu, hisapan bayi pada puting susu akan merangsang dan mengirimkan pesan saraf ke hipotalamus, yang kemudian merangsang sekresi prolaktin melalui hipofisis posterior. Prolaktin ini akan merangsang kelenjar payudara untuk memproduksi ASI.

Sementara itu, umpan balik negatif berfungsi untuk mengurangi produksi hormon dan mengembalikan kondisi ke normal ketika terjadi kelebihan atau kondisi ekstrem. Umpan balik negatif mengurangi stimulus melalui pelepasan hormon oleh hipotalamus dan hipofisis anterior. Mekanisme ini penting untuk menjaga keseimbangan dalam tubuh.

1. Hormon-hormon Reproduksi Perempuan

Hormon pada perempuan dihasilkan oleh beberapa organ dan kelenjar utama dalam tubuh yang berperan dalam sistem reproduksi, metabolisme, dan fungsi tubuh lainnya. Berikut adalah sumber utama hormon perempuan dan jenis hormon yang dihasilkan.

a. Ovarium

Ovarium adalah penghasil utama hormon reproduksi perempuan. Hormon yang dihasilkan : estrogen, progesterone dan testosteron

b. Hipotalamus

Hipotalamus, bagian dari otak, mengontrol pelepasan hormon dari kelenjar pituitari melalui hormon pelepas. Hormon yang dihasilkan: Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH)

c. Kelenjar Pituitari/ Hipofisis

Kelenjar pituitari adalah pusat pengatur hormon yang memengaruhi ovarium dan organ lainnya. Hormon yang dihasilkan : Follicle-Stimulating Hormone (FSH), Luteinizing Hormone (LH), Prolaktin, Oxytocin

d. Kelenjar Adrenal

Kelenjar ini terletak di atas ginjal dan menghasilkan hormon reproduksi dalam jumlah kecil. Hormon yang dihasilkan : Estrogen dan Testosteron, Kortisol dan Adrenalin

e. Plasenta

Plasenta menghasilkan hormon untuk mendukung kehamilan dan perkembangan janin. Hormon yang dihasilkan : Human Chorionic Gonadotropin (hCG), Estrogen dan Progesteron, Human Placental Lactogen (hPL)

Jenis hormon reproduksi perempuan

a. Gonadotropin Releasing Hormone

Gonadotropin Releasing Hormone (GnRH) adalah hormon yang diproduksi oleh hipotalamus dan berperan sangat penting dalam pengaturan siklus reproduksi wanita. Luteinizing Hormone (LH) dan Folicle-Stimulating Hormone (FSH) disebut juga hormone gonadotropin karena menstimulasi gonad, selain dari hormone yang berpengaruh pada testis dan ovarium.

fungsi utama GnRH pada perempuan:

1) Regulasi Siklus Menstruasi

GnRH berfungsi untuk mengatur frekuensi dan pelepasan dua hormon utama yang diproduksi oleh kelenjar hipofisis, yaitu LH (Luteinizing Hormone) dan FSH (Folicle-Stimulating Hormone). GnRH dilepaskan secara pulsatil (berdenyut-denyut) dari hipotalamus, yang kemudian merangsang kelenjar hipofisis untuk mengeluarkan LH dan FSH. Hormon-hormon ini memiliki peran kunci dalam pengembangan folikel ovarium, ovulasi, dan pembentukan korpus luteum.

2) Pelepasan LH dan FSH

Salah satu fungsi utama GnRH adalah merangsang hipofisis untuk melepaskan LH dan FSH. Kedua hormon ini sangat penting dalam pengaturan pertumbuhan dan pematangan folikel ovarium, serta dalam proses ovulasi. LH berperan dalam pematangan dan pelepasan sel telur dari

ovarium (ovulasi), sementara FSH berperan dalam stimulasi pertumbuhan folikel dan produksi estrogen oleh ovarium.

3) Regulasi Produksi Estrogen dan Progesteron

Melalui pelepasan LH dan FSH, GnRH secara tidak langsung memengaruhi produksi estrogen dan progesteron oleh ovarium. Estrogen diperlukan untuk pertumbuhan dan pematangan folikel serta untuk mempersiapkan dinding rahim agar siap menerima implantasi jika terjadinya pembuahan. Progesteron diproduksi setelah ovulasi untuk mempersiapkan rahim untuk kehamilan dan mempertahankan kehamilan.

4) Pengaturan Penghentian dan Pemulihan Siklus Menstruasi

GnRH juga berperan dalam pengaturan penghambatan sementara pada siklus menstruasi selama kehamilan, dan dalam pemulihan siklus menstruasi setelah masa menopause. Selama kehamilan, GnRH akan mengalami penurunan karena tingginya kadar estrogen dan progesteron. Sebaliknya, setelah menopause, kadar GnRH cenderung meningkat, meskipun siklus menstruasi sudah berhenti.

5) Pengaruh terhadap Kehamilan dan Kontrasepsi

GnRH juga berperan dalam pengaturan kehamilan. Beberapa metode kontrasepsi bekerja dengan menghambat pelepasan GnRH, yang selanjutnya mengurangi pelepasan LH dan FSH, sehingga mencegah ovulasi. Oleh karena itu, GnRH memainkan peran penting dalam pengaturan kesuburan dan penggunaan alat kontrasepsi hormonal.

b. Luteinizing Hormon

Luteinizing Hormone (LH) adalah hormon yang diproduksi oleh kelenjar hipofisis anterior (bagian depan kelenjar pituitari). Pelepasan dari sel telur yang matang di ovarium dipicu oleh lonjakan sekresi LH yang besar dikenal sebagai *preovulatory LH Surge*. Sel-sel dalam folikel ovarium berproliferasi menjadi corpus luteum, yang kemudian mensekresikan hormone steroid progesterone dan estradiol. Progesterone menyebabkan pertambahan vascular dinding endometrium dan penting untuk mempertahankan kehamilan.

Fungsi utama LH pada perempuan:

1) Pemicu Ovulasi

Salah satu fungsi utama LH pada wanita adalah memicu ovulasi, yaitu pelepasan sel telur yang matang dari ovarium. LH berperan dalam "lonjakan LH" (LH surge), yang terjadi pada pertengahan siklus menstruasi. Lonjakan LH ini merangsang folikel yang matang untuk pecah dan melepaskan sel telur dari ovarium, yang kemudian dapat dibuahi oleh sperma. Proses ini dikenal dengan istilah ovulasi.

2) Pembentukan Korpus Luteum

Setelah ovulasi, LH berperan dalam pembentukan korpus luteum dari sisa folikel yang pecah. Korpus luteum adalah struktur yang menghasilkan hormon progesteron. Progesteron sangat penting untuk mempersiapkan rahim agar dapat menerima dan mempertahankan implantasi telur yang telah dibuahi. Tanpa progesteron yang cukup, rahim tidak dapat mempertahankan kehamilan yang sedang berkembang.

3) Regulasi Produksi Estrogen dan Progesteron

LH berperan dalam pengaturan produksi hormon seks utama lainnya, yaitu estrogen dan progesteron. Selama fase luteal (setelah ovulasi), LH merangsang korpus luteum untuk memproduksi progesteron, yang pada gilirannya membantu menjaga ketebalan endometrium (lapisan dalam rahim) untuk mendukung kehamilan. Tanpa kadar progesteron yang cukup, dinding rahim akan meluruh, menyebabkan perdarahan menstruasi.

4) Pengaruh Terhadap Siklus Menstruasi

LH berperan dalam pengaturan dan keberlangsungan siklus menstruasi. LH dan FSH (Follicle-Stimulating Hormone) bekerja bersama untuk merangsang pertumbuhan folikel ovarium dan untuk mengatur siklus ovulasi. Lonjakan LH adalah tanda bahwa tubuh sedang siap untuk ovulasi, yang menjadi titik kunci dalam siklus menstruasi.

5) Pengaruh pada Keseimbangan Hormon Selama Kehamilan

LH juga berfungsi dalam pengaturan hormon selama kehamilan. Selama kehamilan, produksi LH menurun secara signifikan karena keberadaan hormon human chorionic gonadotropin (hCG), yang diproduksi oleh plasenta. Hormon hCG memiliki fungsi yang serupa dengan LH, yaitu mempertahankan korpus luteum dan produksi progesteron awal kehamilan.

6) Peran dalam Penggunaan Metode Kontrasepsi Hormonal

Beberapa metode kontrasepsi hormonal, seperti pil KB atau implan, bekerja dengan menekan produksi LH dan FSH untuk mencegah ovulasi. Dengan menurunkan kadar LH, ovulasi tidak terjadi, sehingga kehamilan dapat dicegah.

c. Folicle Stimulating Hormone/ FSH

Folicle Stimulating Hormone (FSH) adalah hormon yang diproduksi oleh kelenjar hipofisis anterior (bagian depan dari kelenjar pituitari). Hormon ini menstimulasi pematangan ovarium. Primary folikel yang terdiri atas satu lapis sel, oleh FSH akan berkembang menjadi folikel sekunder yang ditandai dengan terbentuknya sel-sel granulose.

Fungsi utama FSH pada perempuan:

1) Stimulasi Pertumbuhan Folikel Ovarium

FSH memiliki peran utama dalam merangsang pertumbuhan dan pematangan folikel di ovarium. Folikel adalah kantung berisi telur yang berkembang selama siklus menstruasi. FSH bekerja bersama dengan Luteinizing Hormone (LH) untuk merangsang folikel agar berkembang dengan baik, sehingga satu folikel akan mencapai tahap matang (dominasi) dan siap untuk ovulasi. Tanpa FSH, folikel tidak dapat berkembang secara normal.

2) Peningkatan Produksi Estrogen

FSH merangsang sel-sel granulosa yang ada di dalam folikel ovarium untuk memproduksi estrogen. Estrogen adalah hormon yang sangat penting dalam perkembangan dan pemeliharaan karakteristik seksual wanita sekunder, serta dalam pengaturan siklus menstruasi. Estrogen yang dihasilkan membantu mempersiapkan endometrium (lapisan dalam rahim) untuk kemungkinan implantasi sel telur yang dibuahi.

3) Regulasi Siklus Menstruasi

FSH berperan dalam mengatur fase folikuler dalam siklus menstruasi, yaitu fase sebelum ovulasi. Pada fase ini, FSH mendorong perkembangan folikel dan produksi estrogen. Ketika kadar estrogen meningkat, ini akan memberi sinyal kepada hipotalamus dan hipofisis untuk mengurangi produksi FSH dan meningkatkan produksi LH, yang memicu ovulasi. Tanpa FSH yang cukup, siklus menstruasi tidak dapat berjalan dengan normal.

4) Pemberian Rangsangan pada Ovarium untuk Proses Ovulasi

FSH berkolaborasi dengan LH dalam proses ovulasi. Selama fase folikular, FSH merangsang folikel untuk berkembang dan memproduksi estrogen. Ketika kadar estrogen cukup tinggi, ini menyebabkan lonjakan LH, yang memicu pelepasan telur dari folikel yang matang (ovulasi). Jadi, FSH memainkan peran penting dalam mempersiapkan tubuh untuk ovulasi.

5) Peran dalam Terapi Kesuburan

FSH sering digunakan dalam pengobatan untuk membantu wanita yang mengalami masalah dengan kesuburan. Dalam terapi kesuburan, FSH diberikan dalam bentuk suntikan untuk merangsang ovarium agar menghasilkan lebih banyak folikel dan meningkatkan peluang ovulasi. Obat-obatan yang mengandung FSH sering digunakan dalam program inseminasi buatan (intrauterine insemination/IUI) dan fertilisasi in vitro (IVF) untuk meningkatkan kemungkinan kehamilan.

6) Regulasi Produksi Hormon Seks Wanita

FSH bekerja beriringan dengan LH dalam regulasi keseimbangan hormon seks wanita. Selama siklus menstruasi, LH dan FSH secara berkelanjutan mempengaruhi ovarium untuk menghasilkan hormon estrogen dan progesteron. FSH sangat penting dalam tahap awal siklus menstruasi untuk merangsang ovarium, sementara LH berperan dalam proses ovulasi.

7) Peran dalam Menopause

Menjelang menopause, produksi estrogen menurun drastis, dan kelenjar hipofisis merespons dengan meningkatkan produksi FSH. Peningkatan kadar FSH ini menunjukkan penurunan fungsi ovarium dan berhubungan dengan tanda-tanda awal menopause, seperti hot flashes dan perubahan dalam siklus menstruasi.

d. Estrogen

Estrogen adalah hormon yang diproduksi oleh ovarium, sedang dalam jumlah sedikit diproduksi juga oleh kroteks adrenal dan pada plasenta saat masa kehamilan. Estrogen memiliki peran yang sangat penting dalam berbagai proses biologis pada wanita, terutama terkait dengan perkembangan seksual, siklus menstruasi, dan kesehatan reproduksi.

Fungsi estrogen pada reproduksi wanita berdasarkan penelitian antara lain:

1) Mengatur Siklus Menstruasi

Estrogen berperan penting dalam pengaturan siklus menstruasi, khususnya dalam fase folikular. Hormon ini merangsang pertumbuhan dan perkembangan folikel ovarium, yang pada gilirannya menghasilkan lebih banyak estrogen. Peningkatan kadar estrogen ini menyebabkan penebalan endometrium sebagai persiapan untuk kemungkinan implantasi embrio jika terjadi pembuahan.

2) Stimulasi Ovulasi

Estrogen membantu memicu lonjakan hormon luteinizing (LH), yang sangat penting untuk ovulasi. Kadar estrogen yang tinggi pada pertengahan siklus menstruasi memberikan sinyal kepada hipotalamus dan hipofisis untuk melepaskan LH, yang merangsang pelepasan sel telur dari ovarium.

3) Perkembangan dan Pemeliharaan Organ Reproduksi

Estrogen memainkan peran kunci dalam perkembangan organ reproduksi wanita, termasuk pembesaran dan pematangan rahim, vagina, dan saluran tuba falopi selama masa pubertas. Hormon ini juga berfungsi dalam pemeliharaan fungsi normal organ-organ ini selama kehidupan reproduksi wanita.

4) Pengaturan Lendir Serviks

Estrogen mempengaruhi produksi lendir serviks yang jernih, elastis, dan berlimpah selama fase ovulasi. Lendir serviks yang lebih subur ini memfasilitasi pergerakan sperma melalui saluran reproduksi untuk mencapai sel telur, sehingga mendukung pembuahan.

5) Mendukung Kehamilan Awal

Selama awal kehamilan, estrogen berperan penting dalam memelihara lapisan endometrium dan mendukung proses implantasi embrio. Estrogen juga berperan dalam pengaturan sirkulasi darah ke rahim dan memperkuat otot rahim untuk mendukung perkembangan janin.

6) Pertumbuhan dan Pemeliharaan Payudara

Estrogen merangsang perkembangan payudara, termasuk pertumbuhan kelenjar susu, saluran susu, dan jaringan adiposa. Hormon ini memainkan peran penting dalam persiapan tubuh wanita untuk menyusui setelah kelahiran.

7) Pengaruh pada Kesuburan

Estrogen mempengaruhi keseimbangan hormonal yang dibutuhkan untuk kesuburan. Kadar estrogen yang seimbang mendukung perkembangan folikel yang sehat di ovarium dan berperan dalam proses ovulasi yang efektif. Ketidakseimbangan estrogen, seperti yang terjadi pada sindrom ovarium polikistik (PCOS), dapat menyebabkan gangguan kesuburan.

8) Pengaruh Terhadap Kehamilan Lanjutan

Pada trimester kedua dan ketiga kehamilan, kadar estrogen meningkat pesat, yang membantu mempersiapkan tubuh untuk persalinan. Estrogen juga berperan dalam meningkatkan aliran darah ke rahim, memelihara elastisitas serviks, dan mengatur perkembangan janin.

e. Progesterone

Hormon progesteron adalah hormon steroid yang diproduksi oleh ovarium, khususnya oleh korpus luteum (struktur yang terbentuk di ovarium setelah ovulasi) dan plasenta selama kehamilan. Progesteron berperan penting dalam sistem reproduksi wanita, terutama dalam mengatur siklus menstruasi dan mendukung kehamilan.

1) Persiapan Endometrium untuk Implantasi Embrio

Progesteron berperan penting dalam menyiapkan endometrium (lapisan dalam rahim) untuk menerima dan menanamkan embrio setelah pembuahan. Setelah ovulasi, progesteron yang diproduksi oleh korpus luteum membantu menebalkan endometrium dan menciptakan lingkungan yang optimal untuk implantasi.

2) Mencegah Kontraksi Prematur Rahim

Progesteron berfungsi untuk mengurangi kontraksi otot rahim selama kehamilan. Ini penting untuk mencegah keguguran atau persalinan prematur dengan menjaga agar rahim tetap rileks dan tidak berkontraksi sebelum waktunya.

3) Pengaturan Siklus Menstruasi

Progesteron membantu mengatur fase luteal dalam siklus menstruasi wanita. Jika tidak terjadi pembuahan, kadar progesteron akan menurun, yang menyebabkan peluruhan endometrium dan dimulainya menstruasi. Jika terjadi kehamilan, progesteron tetap tinggi untuk mempertahankan kehamilan awal.

4) Mempertahankan Kehamilan

Progesteron sangat penting dalam mendukung kehamilan. Hormon ini menghambat pelepasan ovum baru dan menghalangi kontraksi uterus yang dapat menggugurkan kehamilan. Selain itu, progesteron merangsang pembentukan kelenjar susu di payudara untuk mempersiapkan tubuh untuk menyusui.

5) Mempengaruhi Lendir Serviks

Progesteron mengubah konsistensi lendir serviks. Selama fase luteal (setelah ovulasi), progesteron membuat lendir serviks menjadi lebih kental dan tidak ramah terhadap sperma, yang membantu mencegah kehamilan lebih lanjut jika pembuahan tidak terjadi.

6) Peran dalam Pengembangan Payudara untuk Menyusui

Progesteron berperan dalam persiapan payudara untuk produksi ASI. Hormon ini merangsang perkembangan kelenjar susu selama kehamilan, namun, produksi ASI baru dimulai setelah penurunan kadar progesteron pasca persalinan.

7) Meningkatkan Pembekuan Darah

Progesteron dapat meningkatkan viskositas darah, yang membantu menjaga kestabilan volume darah selama kehamilan. Ini penting untuk mencegah perdarahan berlebihan saat persalinan.

8) Pengaruh Terhadap Pengaturan Imunitas

Progesteron juga berperan dalam pengaturan sistem kekebalan tubuh selama kehamilan. Hormon ini membantu mengurangi respons imun ibu terhadap janin, yang bertindak sebagai "benda asing", sehingga menghindari penolakan terhadap janin yang sedang berkembang.

9) Peran dalam Pengaturan Metabolisme

Progesteron berpengaruh pada metabolisme tubuh, termasuk dalam pengaturan kadar gula darah dan lemak tubuh. Hal ini berperan dalam mendukung kebutuhan energi tambahan yang diperlukan selama kehamilan.

f. HCG

Hormon Human Chorionic Gonadotropin (hCG) adalah hormon yang diproduksi oleh plasenta setelah implantasi embrio di rahim. Hormon ini mulai diproduksi segera setelah pembuahan dan berperan penting dalam mendukung keberlanjutan kehamilan.

Fungsi Hormon hCG dalam Reproduksi Perempuan:

1) Menjaga Fungsi Korpus Luteum:

Salah satu peran utama hCG adalah untuk mempertahankan produksi progesteron oleh korpus luteum pada tahap awal kehamilan. Progesteron sangat penting untuk menjaga lapisan endometrium agar tetap tebal dan siap untuk mendukung perkembangan embrio yang menempel. Jika tidak ada kehamilan, korpus luteum akan hilang dalam beberapa hari setelah ovulasi, tetapi dengan adanya hCG, korpus luteum tetap aktif dan mempertahankan produksi progesteron.

2) Menunjang Pertumbuhan dan Perkembangan Plasenta:

hCG juga berperan dalam mendukung perkembangan plasenta yang semakin berkembang. Plasenta sendiri berfungsi untuk menyediakan oksigen dan nutrisi bagi janin, serta mengeluarkan produk sampingan metabolisme janin.

3) Digunakan dalam Tes Kehamilan:

Hormon hCG digunakan dalam tes kehamilan karena kadar hCG dalam urin atau darah meningkat dengan cepat setelah pembuahan. Tes kehamilan mendeteksi hCG sebagai indikator apakah seorang wanita hamil atau tidak. Keberadaan hCG dalam darah atau urin wanita yang sudah terlambat haid menjadi tanda pasti kehamilan.

4) Meningkatkan Respons Fase Luteal:

Hormon ini membantu meningkatkan respons fase luteal dalam siklus menstruasi. Dalam kondisi normal, fase luteal berfungsi untuk menyiapkan rahim bagi kemungkinan kehamilan setelah ovulasi.

5) Mengatur Beberapa Proses Pembentukan Organ pada Janin:

hCG juga memiliki peran dalam beberapa proses biologis awal selama perkembangan janin, seperti pengaturan pertumbuhan beberapa organ dan jaringan pada tahap awal kehamilan.

g. LTH/ Prolaktin

Hormon Luteotropin (LTH) atau Prolaktin (PRL) adalah hormon yang diproduksi oleh kelenjar hipofisis anterior (bagian depan dari kelenjar pituitari).

Fungsi Hormon Prolaktin dalam Reproduksi Perempuan:

1) Stimulasi Produksi ASI (Laktasi):

Fungsi utama prolaktin adalah merangsang kelenjar payudara untuk memproduksi susu (laktasi) setelah melahirkan. Selama kehamilan, kadar prolaktin meningkat untuk mempersiapkan payudara agar siap menghasilkan susu. Setelah kelahiran, prolaktin bekerja dengan mengaktifkan kelenjar alveolar pada payudara untuk memproduksi ASI. Proses ini akan terus berlangsung selama ada stimulasi dari bayi yang menyusu, yang merangsang peningkatan kadar prolaktin. Tanpa stimulasi menyusu, produksi ASI akan berhenti seiring dengan penurunan kadar prolaktin.

2) Mengatur Menstruasi dan Siklus Reproduksi:

Prolaktin juga berperan dalam mengatur siklus menstruasi pada wanita. Kadar prolaktin yang tinggi dapat mengganggu ovulasi dan menghambat kehamilan. Ini disebabkan oleh pengaruh prolaktin yang mengurangi sekresi gonadotropin-releasing hormone (GnRH) dari hipotalamus, yang pada gilirannya menurunkan sekresi hormon luteinizing (LH) dan hormon perangsang folikel (FSH), dua hormon yang penting dalam ovulasi. Kadar prolaktin yang sangat tinggi dapat menyebabkan gangguan menstruasi atau bahkan penghentian menstruasi (amenorea).

3) Peran dalam Kehamilan:

Selama kehamilan, prolaktin berperan dalam mempersiapkan payudara untuk produksi ASI pasca-persalinan. Prolaktin juga bekerja bersamaan dengan estrogen dan progesteron untuk mempersiapkan kelenjar susu. Selain itu, prolaktin juga dapat menghambat ovulasi selama masa menyusu, sebagai bagian dari mekanisme alami yang dapat mencegah kehamilan selama menyusu (walaupun ini tidak sepenuhnya dapat diandalkan sebagai metode kontrasepsi).

4) Fungsi di Luar Reproduksi:

Meskipun prolaktin dikenal terutama karena peranannya dalam reproduksi, hormon ini juga memiliki fungsi di luar sistem reproduksi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa prolaktin dapat mempengaruhi sistem kekebalan tubuh, metabolisme, dan keseimbangan elektrolit dalam tubuh. Selain itu, prolaktin juga berperan dalam regulasi gairah seksual, meskipun pengaruhnya dalam hal ini masih menjadi topik penelitian lebih lanjut.

h. Testosterone

Hormon Testosteron adalah hormon steroid yang paling sering dikaitkan dengan sistem reproduksi pria, tetapi hormon ini juga memiliki peran penting dalam tubuh wanita. Testosteron diproduksi oleh ovarium (indung telur), kelenjar adrenal, dan jaringan lainnya pada wanita, meskipun jumlahnya jauh lebih sedikit dibandingkan pada pria. Adanya hormon testosteron pada wanita menyebabkan gairah seksual pada wanita terjaga dengan baik, tulang tetap sehat, mampu mengendalikan nyeri, dan menjaga kemampuan kognitif. Kadar hormon testosteron dalam tubuh wanita sekitar 15-70 ng/dL.

Fungsi Testosteron dalam Reproduksi Perempuan

1) Pengaturan Fungsi Seksual dan Gairah Seksual:

Testosteron berperan dalam meningkatkan gairah seksual atau libido pada wanita. Meskipun estrogen sering kali dianggap sebagai hormon utama yang mengatur fungsi seksual pada wanita, testosteron juga memiliki efek yang signifikan dalam merangsang keinginan seksual. Penurunan kadar testosteron dapat mengakibatkan penurunan gairah seksual atau bahkan hilangnya minat terhadap hubungan seksual. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa wanita dengan kadar testosteron rendah mungkin mengalami penurunan kepuasan seksual dan kesulitan mencapai orgasme.

2) Pengaruh terhadap Pembentukan Otot dan Kekuatan Fisik:

Testosteron juga berperan dalam membantu pembentukan otot dan kekuatan fisik pada wanita. Testosteron dapat mempengaruhi metabolisme tubuh dan distribusi lemak, serta berperan dalam meningkatkan massa otot dan kepadatan tulang. Meskipun efeknya tidak sebesar pada pria, testosteron pada wanita tetap memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan fisik secara keseluruhan.

3) Pengaruh terhadap Siklus Menstruasi dan Ovulasi:

Testosteron mempengaruhi fungsi ovarium dan proses ovulasi pada wanita. Kadar testosteron yang seimbang penting untuk memastikan perkembangan folikel ovarium dan pelepasan sel telur yang matang selama ovulasi. Kadar testosteron yang terlalu tinggi atau rendah dapat menyebabkan gangguan ovulasi dan berpotensi mengarah pada masalah kesuburan. Misalnya, sindrom ovarium polikistik (PCOS) sering dikaitkan dengan kadar testosteron yang tinggi, yang dapat menyebabkan gangguan pada siklus menstruasi dan infertilitas.

4) Pengaruh terhadap Suasana Hati dan Energi:

Testosteron juga berperan dalam regulasi suasana hati dan energi pada wanita. Penurunan kadar testosteron, seperti yang terjadi pada menopause

atau setelah pengangkatan ovarium, dapat mengarah pada kelelahan, depresi, dan perasaan kehilangan motivasi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penurunan testosteron dapat berkontribusi pada gejala depresi dan kecemasan pada wanita yang lebih tua.

5) Peran dalam Kesehatan Tulang:

Meskipun estrogen sering dianggap sebagai hormon utama yang melindungi kesehatan tulang, testosteron juga berperan dalam menjaga kepadatan tulang dan mencegah osteoporosis pada wanita. Penurunan kadar testosteron dapat meningkatkan risiko osteoporosis dan patah tulang, terutama setelah menopause, ketika kadar estrogen dan testosteron menurun.

6) Fungsi dalam Produksi Sel Telur dan Menopause:

Pada wanita yang lebih tua, kadar testosteron dapat menurun seiring bertambahnya usia, yang berkontribusi pada gejala menopause. Penurunan kadar testosteron ini sering kali dikaitkan dengan penurunan libido, peningkatan kelelahan, dan penurunan kepuasan seksual. Selain itu, testosteron juga memiliki pengaruh pada kesehatan reproduksi wanita dengan memengaruhi jumlah dan kualitas sel telur yang diproduksi oleh ovarium.

2. Hormon-hormon Reproduksi Laki-laki

Hormon pada laki-laki dihasilkan oleh beberapa organ dan kelenjar utama dalam tubuh yang memiliki peran vital dalam sistem reproduksi, metabolisme, dan fungsi tubuh lainnya. Berikut adalah sumber utama hormon laki-laki beserta jenis hormon yang dihasilkan:

a. Testis

Testis merupakan kelenjar reproduksi utama pada pria yang menghasilkan hormon testosteron. Testosteron berperan penting dalam perkembangan ciri-ciri seksual sekunder pria seperti suara yang lebih dalam, pertumbuhan rambut wajah, dan massa otot. Testosteron juga berfungsi dalam produksi sperma dan pengaturan libido.

b. Hipotalamus

Hipotalamus mengeluarkan hormon pelepas gonadotropin (GnRH), yang merangsang kelenjar hipofisis untuk memproduksi hormon yang mengatur fungsi testis. Hormon GnRH bekerja sebagai sinyal untuk mengatur produksi testosteron di testis.

c. Hipofisis (Kelenjar Pituitari)

Kelenjar hipofisis menghasilkan dua hormon utama yang berperan dalam regulasi sistem reproduksi pria, yaitu LH (Luteinizing Hormone) dan FSH

(Follicle-Stimulating Hormone). LH merangsang sel-sel interstisial dalam testis untuk memproduksi testosterone, sedangkan FSH berperan dalam merangsang spermatogenesis atau produksi sperma di dalam tubulus seminiferus.

d. Kelenjar Adrenal

Kelenjar adrenal, yang terletak di atas ginjal, juga menghasilkan sejumlah kecil hormon seks pria, termasuk testosterone. Meskipun jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan yang diproduksi oleh testis, hormon ini tetap berkontribusi pada fungsi tubuh pria, terutama dalam pengaturan metabolisme dan respon terhadap stres.

e. Epididimis

Epididimis merupakan saluran yang terhubung dengan testis dan berfungsi untuk menyimpan serta mematangkan sperma. Meskipun epididimis tidak menghasilkan hormon dalam jumlah signifikan, ia berperan dalam pengaturan kualitas dan fungsi sperma.

Hormon-hormon Reproduksi Laki-laki

a. Testosterone

Testosteron adalah hormon androgen utama yang diproduksi oleh sel Leydig di testis, dengan jumlah kecil yang juga dihasilkan oleh kelenjar adrenal. Pada pria, testosterone memainkan peran esensial dalam perkembangan, pemeliharaan, dan fungsi sistem reproduksi..

Fungsi Testosteron dalam Reproduksi Laki-laki

1) Perkembangan Organ Reproduksi

Testosteron bertanggung jawab untuk diferensiasi dan perkembangan organ reproduksi internal (seperti epididimis, vas deferens, dan vesikula seminalis) serta organ reproduksi eksternal (penis dan skrotum) selama kehidupan janin.

2) Spermatogenesis

Testosteron mendukung fungsi sel Sertoli di tubulus seminiferus, yang merupakan tempat produksi sperma. Penelitian menunjukkan bahwa kadar testosterone yang cukup diperlukan untuk spermatogenesis optimal.

3) Karakteristik Seksual Sekunder

Testosteron memicu perkembangan ciri-ciri seksual sekunder pria selama pubertas, termasuk pertumbuhan rambut wajah dan tubuh, suara yang lebih dalam, dan peningkatan massa otot serta kepadatan tulang.

4) Pemeliharaan Libido

Penelitian menunjukkan bahwa testosterone memainkan peran penting dalam mempertahankan libido atau gairah seksual. Kekurangan testosterone sering dikaitkan dengan disfungsi seksual, termasuk penurunan gairah.

5) Regulasi Produksi Hormon Lain

Testosteron berperan dalam mekanisme umpan balik negatif terhadap hipotalamus dan hipofisis, mengatur pelepasan hormon Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH), Luteinizing Hormone (LH), dan Follicle-Stimulating Hormone (FSH).

6) Kesehatan Sistem Reproduksi

Testosteron mendukung fungsi optimal kelenjar prostat dan vesikula seminalis, yang berkontribusi pada produksi cairan seminal, komponen utama semen.

b. LH

Luteinizing Hormone (LH) adalah salah satu hormon gonadotropin yang diproduksi oleh kelenjar hipofisis anterior. Pelepasan LH diatur oleh Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH) yang berasal dari hipotalamus. Pada pria, hormon ini memiliki peran utama dalam mengatur fungsi testis.

Fungsi LH dalam Reproduksi Laki-laki

1) Merangsang Produksi Testosteron

LH berfungsi untuk merangsang sel Leydig yang terletak di testis untuk menghasilkan testosteron, hormon androgen utama pada pria. Testosteron berperan penting dalam perkembangan organ reproduksi pria, spermatogenesis, dan munculnya karakteristik seksual sekunder.

2) Mendukung Spermatogenesis

Testosteron yang dihasilkan oleh stimulasi LH diperlukan untuk mendukung sel Sertoli dalam proses spermatogenesis. Sel Sertoli menyediakan nutrisi dan lingkungan yang diperlukan untuk perkembangan sperma.

3) Memulai dan Mempertahankan Pubertas

4) LH berkontribusi pada peningkatan produksi testosteron selama pubertas, yang memungkinkan perkembangan organ reproduksi seperti testis dan penis, serta karakteristik seksual sekunder seperti suara yang lebih dalam dan pertumbuhan rambut tubuh.

5) Pengaturan Umpan Balik Negatif

Testosteron yang dihasilkan oleh aktivitas LH memberikan umpan balik negatif ke hipotalamus dan hipofisis untuk mengatur kadar hormon, mencegah kelebihan produksi LH dan GnRH.

6) Mendukung Kesehatan Testis

LH juga berperan dalam memelihara fungsi dan struktur sel Leydig, memastikan testis tetap mampu memproduksi hormon steroid dan sperma.

c. FSH

Follicle-Stimulating Hormone (FSH) adalah salah satu hormon gonadotropin yang diproduksi oleh kelenjar hipofisis anterior. Pelepasannya diatur oleh Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH) dari hipotalamus. Pada pria, FSH memiliki peran penting dalam fungsi reproduksi, khususnya dalam proses spermatogenesis.

Fungsi FSH dalam Reproduksi Laki-Laki

1) Stimulasi Sel Sertoli

FSH merangsang sel Sertoli yang terletak di tubulus seminiferus dalam testis. Sel Sertoli menyediakan nutrisi, dukungan struktural, dan lingkungan mikro yang diperlukan untuk perkembangan dan maturasi sperma.

2) Regulasi Spermatogenesis

FSH bekerja sama dengan testosteron untuk mengatur spermatogenesis. Hormon ini memastikan pembelahan dan diferensiasi sel germinal dalam tubulus seminiferus, sehingga menghasilkan sperma yang matang dan fungsional.

3) Produksi Protein Pengikat Androgen (ABP)

FSH merangsang sel Sertoli untuk menghasilkan Androgen-Binding Protein (ABP), yang mengikat testosteron di dalam tubulus seminiferus. Hal ini memastikan konsentrasi testosteron yang tinggi, yang diperlukan untuk perkembangan sperma.

4) Pengaturan Umpan Balik Negatif

Produksi FSH dikontrol melalui mekanisme umpan balik negatif oleh inhibin yang disekresikan oleh sel Sertoli. Inhibin berfungsi untuk mengatur kadar FSH di dalam tubuh agar tetap seimbang.

5) Mendukung Kesuburan Pria

FSH berperan langsung dalam memastikan kualitas dan kuantitas sperma yang dihasilkan, sehingga memengaruhi tingkat kesuburan pria.

d. Estrogen

Hormon estrogen, meskipun lebih dikenal sebagai hormon reproduksi wanita, juga diproduksi dalam jumlah kecil pada pria. Estrogen pada laki-laki sebagian besar berasal dari konversi testosteron melalui enzim aromatase, yang ditemukan di berbagai jaringan, termasuk testis, adiposa, dan otak.

Fungsi Estrogen pada Reproduksi Laki-laki

1) Regulasi Spermatogenesis

Estrogen memainkan peran penting dalam perkembangan dan pematangan sperma. Penelitian menunjukkan bahwa reseptor estrogen terdapat pada sel Sertoli di testis, yang mendukung perkembangan sel spermatogenik.

2) Pemeliharaan Lingkungan Mikrotubulus Seminiferus

Estrogen membantu menjaga keseimbangan cairan dalam mikrotubulus seminiferus, yang penting untuk kesehatan sperma dan transportasi mereka dalam sistem reproduksi.

3) Feedback pada Sistem Endokrin

Estrogen terlibat dalam mekanisme umpan balik untuk mengatur sekresi hormon gonadotropin, seperti FSH dan LH, yang memengaruhi produksi testosteron dan sperma.

4) Kesehatan Tulang dan Metabolisme

Pada pria, estrogen berkontribusi pada kesehatan tulang, yang secara tidak langsung memengaruhi kemampuan reproduksi melalui pengaruh pada metabolisme tubuh secara keseluruhan.

5) Fungsi Libido dan Ereksi

Tingkat estrogen yang seimbang membantu menjaga libido dan fungsi ereksi pria. Ketidakseimbangan estrogen, baik terlalu rendah maupun terlalu tinggi, dapat memengaruhi fungsi seksual.

e. Hormon pertumbuhan

Hormon pertumbuhan (Growth Hormone/GH) adalah hormon yang disekresikan oleh kelenjar hipofisis anterior. Hormon ini memiliki peran penting dalam pertumbuhan tubuh secara umum, metabolisme, dan fungsi reproduksi, termasuk pada pria.

Fungsi Hormon Pertumbuhan pada Reproduksi Laki-Laki

1) Stimulasi Spermatogenesis

GH secara tidak langsung memengaruhi produksi sperma melalui peningkatan kadar Insulin-Like Growth Factor 1 (IGF-1) yang disintesis di hati. IGF-1 berperan dalam mendukung proliferasi dan diferensiasi sel Sertoli, yang penting untuk perkembangan spermatogenik di testis.

2) Peningkatan Produksi Testosteron

GH mendukung fungsi sel Leydig, yang memproduksi testosteron di testis. Hormon ini berkontribusi pada pemeliharaan kadar testosteron yang optimal, yang diperlukan untuk spermatogenesis dan libido.

3) Regenerasi Jaringan Reproduksi

GH berperan dalam perbaikan dan regenerasi jaringan testis serta menjaga struktur mikrotubulus seminiferus yang sehat, tempat sperma berkembang.

4) Peningkatan Libido dan Fungsi Seksual

GH mendukung keseimbangan hormonal yang berkontribusi pada peningkatan libido dan fungsi seksual pada pria. Kekurangan GH dapat menyebabkan gangguan fungsi seksual, termasuk disfungsi ereksi.

5) Pencegahan Stres Oksidatif di Testis

GH membantu mengurangi stres oksidatif dalam jaringan testis, yang dapat merusak sel spermatogenik. Hal ini penting untuk menjaga kualitas dan kuantitas sperma.

C. Latihan Soal

Pilihan Ganda

1. Seorang wanita usia 32 tahun mengalami ketidakteraturan menstruasi dan keguguran berulang. Pemeriksaan hormonal menunjukkan kadar progesteron yang rendah. Kekurangan hormon ini berdampak pada:
 - A. Implantasi embrio
 - B. Ovulasi
 - C. Produksi LH
 - D. Perkembangan folikel
 - E. Sekresi GnRH

2. Seorang pria usia 28 tahun mengeluhkan penurunan gairah seksual dan massa otot. Pemeriksaan hormon menunjukkan kadar testosteron yang rendah. Organ berikut bertanggung jawab untuk memproduksi hormon ini:
 - A. Hipotalamus
 - B. Sel Leydig
 - C. Sel Sertoli
 - D. Prostat
 - E. Kelenjar pituitari

3. Seorang wanita hamil usia 12 minggu menjalani pemeriksaan hormonal. Hormon yang diproduksi oleh plasenta dan penting untuk mempertahankan kehamilan adalah:
 - A. Estrogen
 - B. Progesteron
 - C. FSH
 - D. HCG
 - E. LH

4. Seorang wanita usia 28 tahun mengalami kesulitan hamil setelah 2 tahun menikah. Pemeriksaan HSG menunjukkan sumbatan pada tuba falopi. Dalam hal ini, organ mana yang tidak dapat mentransfer sel telur untuk implantasi?
 - A. Ovarium

- B. Uterus
 - C. Serviks
 - D. Vagina
 - E. Endometrium
5. Seorang wanita usia 29 tahun mengalami nyeri hebat di perut bawah, disertai pusing dan keringat dingin. Pemeriksaan menunjukkan tekanan darah 90/60 mmHg dan denyut nadi 110 kali/menit. Hasil USG menunjukkan adanya cairan bebas di rongga peritoneum dan kehamilan ektopik ruptur. Di mana lokasi ruptur yang paling sering pada kehamilan ektopik?
- A. Serviks
 - B. Ovarium
 - C. Tuba falopi
 - D. Abdomen
 - E. Uterus

Essay

1. Jelaskan proses terjadinya ovulasi pada wanita, mulai dari pengaruh hormon yang terlibat hingga pelepasan sel telur dari ovarium!
2. Deskripsikan peran testosteron dalam perkembangan organ reproduksi pria dan pengaruhnya terhadap karakteristik kelamin sekunder!
3. Jelaskan anatomi dan fungsi dari kelenjar prostat pada pria!
4. Jelaskan anatomi rahim (uterus) dan fungsinya dalam proses kehamilan!
5. Jelaskan peran vagina dalam proses reproduksi wanita!

Kunci Jawaban

Cukup Pilihan Ganda saja yang diberikan kunci jawaban

1. A
2. B
3. D
4. B
5. E

D. Rangkuman Materi

Pada laki-laki, organ reproduksi berkembang dengan testis yang terbentuk di dalam rongga perut pada usia embrio dan kemudian turun ke dalam skrotum menjelang akhir kehamilan. Pada pubertas, testis mulai menghasilkan sperma dan

hormon testosteron yang mempengaruhi perkembangan karakteristik kelamin sekunder. Pada perempuan, ovarium mulai berkembang pada usia kehamilan sekitar 12 minggu dan menghasilkan sel telur serta hormon estrogen dan progesteron saat pubertas yang mengatur siklus menstruasi dan perubahan tubuh.

Organ reproduksi laki-laki berfungsi untuk memproduksi sperma, sementara organ reproduksi perempuan berfungsi untuk menghasilkan sel telur, memungkinkan pembuahan, dan mendukung perkembangan janin. Testis memproduksi sperma yang dimatangkan di epididimis dan dikeluarkan melalui saluran reproduksi laki-laki, sedangkan ovarium memproduksi sel telur dan rahim menyediakan tempat bagi janin untuk berkembang selama kehamilan. Pada laki-laki, hormon testosteron yang diproduksi oleh testis mengatur pematangan sperma dan perkembangan karakteristik kelamin sekunder. Hormon luteinizing (LH) dan follicle-stimulating hormone (FSH) berperan dalam regulasi spermatogenesis.

Pada perempuan, hormon estrogen dan progesteron yang diproduksi oleh ovarium mengatur siklus menstruasi dan mempersiapkan tubuh untuk kehamilan. LH dan FSH mengatur ovulasi, sedangkan hCG diproduksi selama kehamilan untuk mendukung produksi hormon yang diperlukan untuk mempertahankan kehamilan.

E. Glosarium

Androgen: Hormon seks pria, seperti testosteron, yang berperan dalam perkembangan karakteristik seksual sekunder dan produksi sperma.

Bulbourethral Glands (Kelenjar Bulbouretralis): Sepasang kelenjar kecil pada pria yang menghasilkan cairan bersifat basa untuk melumasi uretra dan menetralkan keasaman sebelum ejakulasi.

Cervix (Serviks): Bagian bawah rahim yang menghubungkan rahim dengan vagina.

Corpus Luteum: Struktur yang terbentuk dari folikel ovarium setelah ovulasi, menghasilkan progesteron untuk mempersiapkan endometrium mendukung kehamilan.

Ejakulasi: Proses pelepasan semen dari saluran reproduksi pria melalui uretra.

Endometrium: Lapisan dalam rahim yang menebal selama siklus menstruasi dan menjadi tempat implantasi embrio.

Estrogen: Hormon seks wanita yang berperan dalam perkembangan karakteristik seksual sekunder dan regulasi siklus menstruasi.

Follicle-Stimulating Hormone (FSH): Hormon yang merangsang perkembangan folikel di ovarium pada wanita dan spermatogenesis pada pria.

Human Chorionic Gonadotropin (hCG): Hormon yang diproduksi oleh plasenta selama awal kehamilan untuk mempertahankan korpus luteum.

Inhibin: Hormon yang dihasilkan oleh ovarium pada wanita dan testis pada pria untuk mengatur produksi FSH.

Luteinizing Hormone (LH): Hormon yang memicu ovulasi pada wanita dan merangsang produksi testosteron pada pria.

Ovarium: Organ reproduksi wanita yang menghasilkan sel telur (ovum) dan hormon seperti estrogen dan progesteron.

Ovulasi: Pelepasan sel telur dari folikel ovarium yang terjadi pada pertengahan siklus menstruasi.

Progesteron: Hormon yang diproduksi oleh korpus luteum dan plasenta untuk mempertahankan kehamilan dan mengatur siklus menstruasi.

Prostat: Kelenjar pada pria yang menghasilkan sebagian besar cairan yang membentuk semen.

Seminal Vesicles (Kelenjar Vesikula Seminalis): Kelenjar pada pria yang menghasilkan cairan bersifat basa sebagai komponen utama semen.

Spermatogenesis: Proses pembentukan sperma di tubulus seminiferus testis.

Testis: Organ reproduksi pria yang memproduksi sperma dan hormon testosteron.

Testosteron: Hormon seks pria yang bertanggung jawab atas perkembangan karakteristik seksual sekunder dan spermatogenesis.

Uretra: Saluran yang membawa urin dari kandung kemih dan semen dari saluran reproduksi pria ke luar tubuh.

Vagina: Saluran pada sistem reproduksi wanita yang menghubungkan serviks ke bagian luar tubuh, serta tempat keluarnya darah menstruasi dan jalur kelahiran bayi.

Vas Deferens (Ductus Deferens): Saluran yang membawa sperma dari epididimis ke uretra selama ejakulasi.

Zona Pellucida: Lapisan glikoprotein yang mengelilingi sel telur dan berperan dalam proses fertilisasi.

F. Daftar Pustaka

Aspesi, D., Bass, N., Kavaliers, M., & Choleris, E. (2023). The Role of Androgens and Estrogens in Social Interactions and Social Cognition. *Neuroscience*.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2023.03.028>

Carbonnel, M., Pirtea, P., de Ziegler, D., & Ayoubi, J. M. (2021). Uterine factors in recurrent pregnancy losses. *Fertility and Sterility*, 115(3), 538–545.
<https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2020.12.003>

Chirstina Magdalena T.Bolon, dkk. (2020). *Anatomi dan Fisiologi Untuk Mahasiswa Kebidanan*. Yayasan Kita Menulis. Medan.

- Chumduri, C., & Turco, M. Y. (2021). Organoids of the female reproductive tract. *Journal of Molecular Medicine*, 99(4), 531–553. <https://doi.org/10.1007/s00109-020-02028-0>
- Cunningham, F.G. et al. (2018) Williams Obstetric 25th Edition. 25th edn. Edited by M. Mahendroo, D. Twickler, and J. Hawkins. New York: McGraw-Hill Education.
- Grande, G., Graziani, A., Scafà, R., Garolla, A., Santi, D., & Ferlin, A. (2024). FSH Therapy in Male Factor Infertility: Evidence and Factors Which Might Predict the Response. *Life*, 14(8), 969. <https://doi.org/10.3390/life14080969>
- Gröner, M. F., Carvalho, R. C. de, Camillo, J., Ferreira, P. R. A., & Fraietta, R. (2021). Effects of Covid-19 on male reproductive system. *International Braz J Urol*, 47(1), 185–190. <https://doi.org/10.1590/s1677-5538.ibju.2021.99.04>
- Hoffmann, J. P., Liu, J. A., Seddu, K., & Klein, S. L. (2023). Sex hormone signaling and regulation of immune function. *Immunity*, 56(11), 2472–2491. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2023.10.008>
- Kemenkes RI. (2020). "Pedoman Pelayanan Antenatal, Persalinan, Nifas, dan Bayi Baru Lahir di Era Adaptasi Kebaisaan Baru". In Kementerian Kesehatan RI
- Khouri, R. S., Almeida-Santos, S. M., & Fernandes, D. S. (2020). Anatomy of the reproductive system of a population of *Amerotyphlops brongersmianus* from southeastern Brazil (Serpentes: Scolecophidida). *The Anatomical Record*, 303(9), 2485–2496. <https://doi.org/10.1002/ar.24382>
- Mauras, N., Ross, J., & Mericq, V. (2023). Management of Growth Disorders in Puberty: GH, GnRHa, and Aromatase Inhibitors: A Clinical Review. *Endocrine Reviews*, 44(1), 1–13. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnac014>
- Naamneh Elzenaty, R., du Toit, T., & Flück, C. E. (2022). Basics of androgen synthesis and action. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 36(4), 101665. <https://doi.org/10.1016/j.beem.2022.101665>
- Nappi, R., Tiranini, L., Sacco, S., De Matteis, E., De Icco, R., & Tassorelli, C. (2022). Role of Estrogens in Menstrual Migraine. *Cells*, 11(8), 1355. <https://doi.org/10.3390/cells11081355>

- Passos, I. de M. P. e, & Britto, R. L. (2020). Diagnosis and treatment of müllerian malformations. *Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology*, 59(2), 183–188. <https://doi.org/10.1016/j.tjog.2020.01.003>
- Patrício, D., Santiago, J., Mano, J. F., & Fardilha, M. (2023). Organoids of the male reproductive system: Challenges, opportunities, and their potential use in fertility research. *WIREs Mechanisms of Disease*, 15(2). <https://doi.org/10.1002/wsbm.1590>
- Schiesaro, M. G., Amato, A. M. L., Maneschi, C., Sciabica, V., Pigatto, E., & Sanna, M. (2022). The Male Reproductive System and Endocrine Disruptors. *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders - Drug Targets*, 22(7), 686–703. <https://doi.org/10.2174/1871530321666211004100633>
- Sri Untari, dkk. (2023). Buku ajar Anatomi dan Fisiologi. PT. Nasya Expanding Management. Pekalongan-Jawa Tengah.
- Yan, J., Wu, T., Zhang, J., Gao, Y., Wu, J.-M., & Wang, S. (2023). Revolutionizing the female reproductive system research using microfluidic chip platform. *Journal of Nanobiotechnology*, 21(1), 490. <https://doi.org/10.1186/s12951-023-02258-7>
- Yao, S., Lopez-Tello, J., & Sferruzzi-Perri, A. N. (2021). Developmental programming of the female reproductive system—a review. *Biology of Reproduction*, 104(4), 745–770. <https://doi.org/10.1093/biolre/ioaa232>

BAB 2

SIKLUS MENTRUASI, EMBRIOLOGI, SERTA PERKEMBANGAN JANIN DAN PLASENTA

Tujuan Intruksional Umum

Mahasiswa mampu memahami aspek-aspek biologis dan ilmiah dari sistem reproduksi siklus hidup manusia.

Tujuan Intruksional Khusus

1. Mahasiswa mampu menjelaskan konsep siklus menstruasi.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan fase siklus menstruasi.
3. Mahasiswa mampu membedakan gangguan menstruasi.
4. Mahasiswa mampu menjelaskan embriologi.
5. Mahasiswa mampu menjelaskan tahapan embriogenesis manusia.
6. Mahasiswa mampu menjelaskan pertumbuhan dan perkembangan janin.
7. Mahasiswa mampu menjelaskan pertumbuhan dan perkembangan plasenta.

Capaian Pembelajaran

Kognitif :

1. Menguasai konsep teoritis ilmu biomedik, biologi reproduksi dan biologi perkembangan yang terkait dengan siklus kesehatan reproduksi perempuan dan proses asuhan
2. Menguasai konsep teoritis gizi dalam siklus reproduksi perempuan secara umum;

Psikomotor :

1. Mampu menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur
2. Mampu mengaplikasikan keilmuan kebidanan dalam menganalisis masalah dan memberikan petunjuk dalam memilih alternative pemecahan masalah pada lingkung praktik kebidanan meliputi asuhan pranikah, prakonsepsi, kehamilan, persalinan, nifas, bayi baru lahir, bayi, anak balita, anak prasekolah, kesehatan reproduksi (remaja, perempuan usia subur dan perimenopause) serta pelayanan KB.

Afektif :

1. Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri

Pendahuluan

Wanita ketika sudah memasuki masa pubertas akan mengalami menstruasi. Mentrusi merupakan proses luruhnya dinding rahim dan terjadi berulang setiap bulannya selama siklus hidup wanita hingga mengalami menopause dan kehamilan.

Dalam siklus menstruasi terdapat proses yang sangat kompleks meliputi siklus ovarium dan juga siklus endometrium. Ovarium akan melepaskan sel telur yang matang agar dapat dibuahi oleh sperma. Sejalan dengan ovarium yang melepaskan sel telur, endometrium juga akan mengalami persiapan agar dapat dilakukan implantasi untuk sel telur yang sudah mengalami fertilisasi. Apabila tidak ada sperma yang membua sel telur maka tidak akan terjadi kehamilan. Sel telur yang dibuahi oleh sperma, atau yang disebut hasil konsepsi merupakan tanda awal dari kehamilan. Hasil konsepsi ini akan berkembang menjadi zigot hingga janin. Proses ini dinamakan proses embriologi manusia.

Embriologi manusia melewati 3 periode, yang pertama periode sel telur yang terjadi sejak fertilisasi sampai akhir minggu ketiga, kedua periode embrio yang terjadi dari awal minggu keempat hingga akhir minggu kedelapan, dan ketiga periode fetal dari awal bulan ketiga hingga lahir. Pada periode embrio terdapat tahapan gametogenesis, fertilisasi, pembelahan, gastrulasi, pembentukan rencana tubuh, dan organogenesis. Janin dan plasenta akan tumbuh dan berkembang selama perkembangan kehamilan.

Bab ini akan membahas tentang siklus mentrusi, embriologi, serta perkembangan janin dan plasenta. Tujuannya adalah agar peserta didik mampu memahami siklus menstruasi embriologi, serta perkembangan janin dan plasenta yang merupakan bagian dari siklus hidup seorang wanita. Sasaran pembaca buku ini adalah mahasiswa program studi kebidanan.

Gambaran pembahasan pada Bab ini adalah konsep siklus menstruasi, fase siklus mentrusi, gangguan mentrusi, embriologi, tahapan embriogenesis manusia, pertumbuhan dan perkembangan janin, dan pertumbuhan dan perkembangan plasenta.

Uraian Materi

Uraian materi pada Bab ini terdiri dari konsep siklus menstruasi, fase siklus menstruasi, gangguan siklus menstruasi, embriologi,

A. Konsep Siklus Menstruasi

Menstruasi adalah proses luruhnya lapisan dinding rahim (endometrium) yang banyak mengandung pembuluh darah. Menstruasi terjadi berulang setiap bulannya dalam siklus hidup wanita yang dimulai saat menarche (menstruasi pertama kali di masa pubertas) hingga menopause kecuali jika terjadi kehamilan (Schmalenberger et al., 2021; Villasari, 2021).

Menurut *International Federation of Gynecology and Obstetrics* (FIGO), siklus menstruasi yang normal harus memiliki frekuensi, durasi, keteraturan dan volume aliran yang konsisten. Frekuensi siklus menstruasi normal dimulai dari hari pertama menstruasi dan diakhiri dengan sehari sebelum dimulai menstruasi berikutnya. Frekuensi siklus menstruasi normal bervariasi antara 24 hingga 38 hari, dengan rata-rata 28 hari. Durasi siklus menstruasi normal didefinisikan sebagai perdarahan yang berlangsung selama 8 hari atau kurang, sedangkan perdarahan yang melebihi 8 hari dianggap sebagai menstruasi berkepanjangan. Volume darah yang hilang selama siklus ini ratarata 33,2 ml (10-84 ml) (Kana et al., 2024; Schmalenberger et al., 2021; Thiyagarajan et al., 2024).

Keteraturan siklus menstruasi ditentukan oleh variasi lamanya siklus dari satu siklus ke siklus berikutnya. Variasi dalam jangka waktu siklus merupakan hal normal, namun siklus menstruasi dianggap teratur dan tidak teratur apabila perbedaan jangka waktu siklus terpendek dan terpanjang adalah sebagai berikut (Thiyagarajan et al., 2024).

Tabel 2.1 Keteraturan Siklus Menstruasi

Usia	Siklus Menstruasi Teratur	Siklus Menstruasi Tidak Teratur
26-47 tahun	7 hari atau kurang	8 hari atau lebih
18-25 tahun	9 hari atau kurang	10 hari atau lebih
42-45 tahun	9 hari atau kurang	10 hari atau lebih

Sumber: (Thiyagarajan et al., 2024)

Apabila seorang wanita berusia 43 tahun memiliki frekuensi siklus menstruasi 25, 28, dan 34 hari, maka wanita tersebut memiliki selisih 9 hari antara siklus terpendek dan terpanjangnya, hal ini menunjukkan siklus wanita tersebut teratur untuk usianya. Sebaliknya jika seorang wanita berusia 26 tahun memiliki frekuensi siklus menstruasi yang tidak teratur maka wanita tersebut memiliki ketidakteraturan siklus menstruasi (Thiyagarajan et al., 2024).

Volume aliran darah menstruasi dapat digolongkan ringan, normal, atau berat. Perdarahan menstruasi berat didefinisikan sebagai kehilangan darah melebihi 80 mL per siklus. Perdarahan menstruasi yang banyak merupakan gejala subjektif dan bukan diagnosis formal. Perdarahan menstruasi ringan biasanya didefinisikan sebagai kehilangan darah kurang dari 5 mL per siklus. Perdarahan menstruasi ringan jarang dikaitkan dengan kejadian patologi yang mendasarinya, meskipun hal ini dapat terjadi pada pasien dengan perlengketan intrauterin atau stenosis serviks. Beberapa faktor dapat mempengaruhi jumlah darah yang keluar saat menstruasi, antara lain obat-obatan, ketebalan endometrium, dan gangguan pendarahan atau pembekuan (Thiyagarajan et al., 2024).

B. Fase Siklus Menstruasi

Pada siklus menstruasi terdapat siklus pada ovarium dan endometrium serta hormon yang bersinergi

1. Siklus Ovarium

a. Fase folikuler

Fase folikuler selalu dimulai pada hari pertama siklus menstruasi yang ditandai dengan hari pertama keluarnya darah menstruasi dan diakhiri dengan ovulasi. Fase ini panjangnya dapat bervariasi. Dalam siklus 28 hari fase ini dapat berlangsung dari hari 1 hingga 14 (Thiyagarajan et al., 2024).

Pada fase ini terjadi pertumbuhan folikel ovarium dan juga peningkatan estrogen. Pada awal fase folikuler akan terjadi pertumbuhan folikel primordial yang direkrut. Sel-sel *germ* primordial berasal dari dalam endodermis *yolk sac*, alantois, dan *hindgut* embrio, dan pada masa gestasi 5-6 minggu, sel-sel tersebut telah bermigrasi ke rigi genitalia. Mekanisme untuk menentukan folikel yang mana dan berapa banyak yang akan bertumbuh pada suatu hari tertentu saat ini masih tidak diketahui (Taylor et al., 2020).

Pada fase folikular awal, gonadotropin di hipofisis anterior mensekresi LH dan FSH, serta produksi estrogen dan progesteron. Hal ini mengakibatkan sekresi FSH secara keseluruhan sedikit meningkat, merangsang pertumbuhan folikel primordial yang direkrut. Selain itu, kadar LH dalam sirkulasi meningkat secara perlahan, dimulai 1 hingga 2 hari setelah peningkatan FSH. FSH akan menstimulasi sekelompok folikel primordial menjadi matang (Maddern, 2022). Selama fase folikular akhir, folikel primordial yang direkrut untuk ovulasi akan menjadi matang. Folikel de Graaf dan meningkatkan produksi hormon 17-β estradiol dan inhibin B di dalam ovarium. Antrum folikel yang berisi cairan folikel yang matang akan membesar hingga mencapai 18-20 mm sebelum ovulasi. Hormon 17-β estradiol dan inhibin B akan memberikan umpan balik

negatif untuk menurunkan kadar FSH, sehingga folikel non dominan akan mengalami degenerasi. Folikel de Graaf yang dominan dalam keadaan ini tidak adan degenerasi karena memiliki reseptor FSH tambahan yang dapat meningkatkan sensitivitas terhadap FSH meskipun tingkat FSH menurun secara keseluruhan (Maddern, 2022; Taylor et al., 2020; Thiagarajan et al., 2024).

b. Ovulasi

Fase ovulasi biasanya terjadi sekitar 14 hari setelah fase folikuler dan 14 hari sebelum menstruasi periode selanjutnya jika siklus rata-rata 28 hari. Pada fase ini $17\text{-}\beta$ estradiol yang sebelumnya memberi umpan balik negatif akan memberi umpan balik positif di hipofisis anterior. Sepanjang fase folikuler, kadar estradiol meningkat, dan pada akhir fase ini, estradiol $17\text{-}\beta$ bergeser dari memberikan umpan balik negatif ke umpan balik positif di hipofisis anterior, sehingga terjadi peningkatan estrogen. Peningkatan kadar estradiol merangsang sel gonadotrofik di hipofisis untuk memproduksi lebih banyak reseptor GnRH, sehingga meningkatkan sensitivitas sel-sel ini terhadap GnRH. Mekanisme ini mengakibatkan lonjakan sekresi hormon LH. Kadar LH akan meningkat 10 kali lipat selama lonjakan LH, disertai dengan peningkatan FSH yang lebih kecil konsentrasi. Peningkatan lonjakan LH biasanya berlangsung 48-50 jam (Ilham et al., 2023; Taylor et al., 2020; Thiagarajan et al., 2024).

Sebagai akibat dari lingkungan hormonal ini, folikel yang matang mengeluarkan aktivator plasminogen dan sitokin lainnya, yang menyebabkan ruptur folikel dan keluarnya oosit (sel telur). Ovulasi biasanya terjadi kurang lebih 36-44 jam setelah permulaan lonjakan LH. Onset lonjakan tajam LH merupakan indikator yang paling sebagai tanda adanya ovulasi yang akan segera terjadi. Ambang batas konsentrasi LH harus dipertahankan setidaknya selama 14-27 jam agar maturasi penuh oosit dapat terjadi. Biasanya peningkatan tajam LH berlangsung 48-50 jam (Taylor et al., 2020; Thiagarajan et al., 2024).

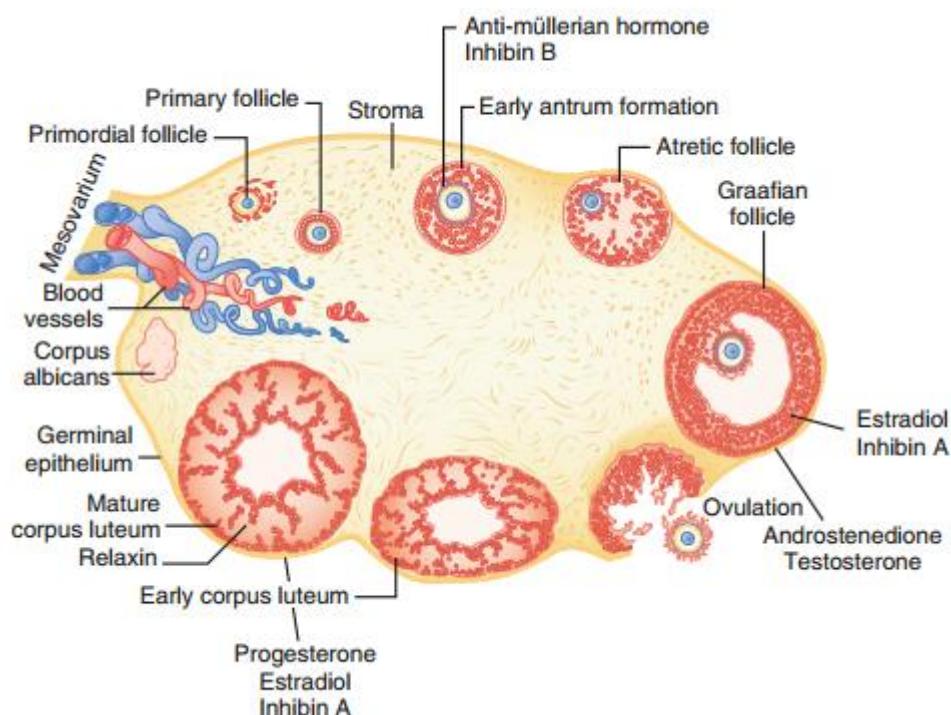
c. Fase luteum

Fase luteum dimulai dari setelah ovulasi dan berakhir ketika menstruasi selanjutnya dimulai. Fase luteum relatif konsisten pada wanita yang biasanya berlangsung selama 14 hari, berbeda dengan fase folikuler yang panjangnya bervariasi (Thiagarajan et al., 2024).

Setelah pelepasan sel telur saat fase ovulasi, folikel dominan akan diubah menjadi menjadi korpus luteum. Korpus luteum akan mensekresi progesteron sekitar 25 mg/hari, yang akan mencapai puncaknya pada 6-8 hari setelah ovulasi. Progesteron akan merangsang perkembangan endometrium untuk implantasi embrio. Selama sebagian besar fase luteal, kadar estradiol,

progesteron dan inhibin A akan bersirkulasi tinggi sehingga akan bekerja secara sentral untuk menekan gonadotropin dan pertumbuhan folikuler baru. Kadar LH dan FSH akan menurun. Korpus luteum akan menurun 9-11 hari setelah ovulasi. Apabila tidak terjadi pembuahan pada sel telur maka korpus luteum akan mengalami degenerasi menjadi korpus albikan (Maddern, 2022; Taylor et al., 2020).

Korpus luteum tidak akan mengalami degenerasi apabila terjadi pembuahan pada sel telur. Ovum yang telah dibuahi melepaskan human chorionic gonadotropin (hCG), yang merangsang korpus luteum untuk mempertahankan produksi progesteron (Thiyagarajan et al., 2024).



Gambar 2.1 Siklus Folikel pada Ovarium Manusia

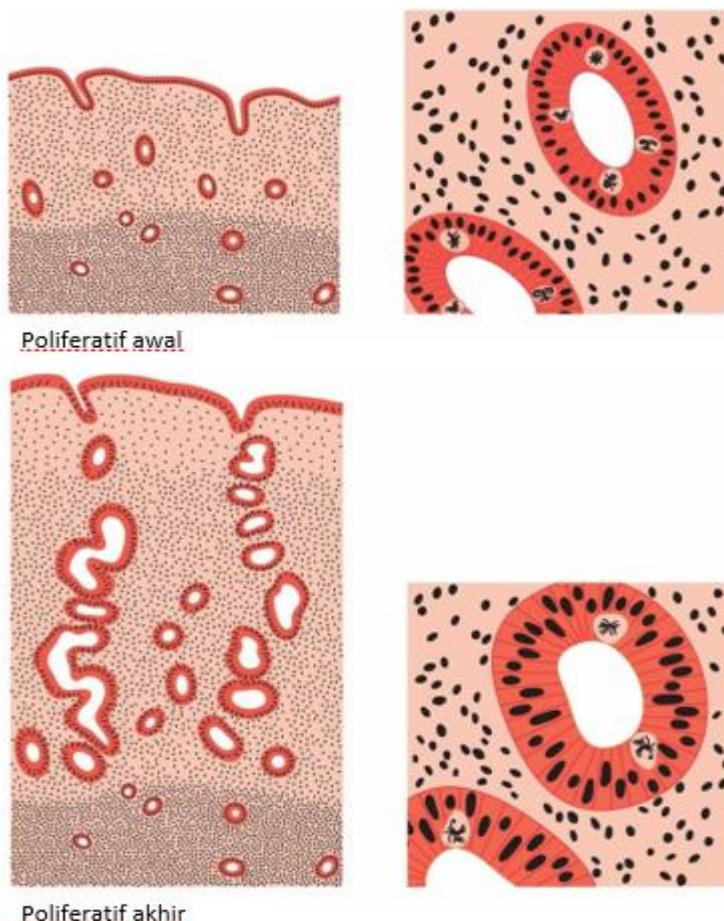
Sumber : (Strauss et al., 2024)

2. Siklus endometrium

a. Fase proliferatif

Estradiol 17-β yang diproduksi oleh folikel yang sedang tumbuh merangsang perkembangan stroma dan kelenjar endometrium dari basalis desidua (lapisan basal endometrium) dan meningkatkan kedalamannya dari arteri spiralis yang mensuplai endometrium. Selama fase proliferasi, endometrium bertumbuh dari tinggi sekitar 0,5 mm sampai 3,5-5,0 mm. Pada akhir fase proliferasi, endometrium mencapai puncaknya perkembangan maksimal, biasanya berukuran antara 8 dan 12 mm, meskipun hal ini dapat bervariasi (Taylor et al., 2020; Thiyagarajan et al., 2024).

Perubahan-perubahan ini mempersiapkan endometrium untuk potensi kehamilan setelah ovulasi, yang terjadi pada akhir masa fase proliferasi. Selain itu, 17-β estradiol mengubah elastisitas dan kandungan protein lendir serviks, menciptakan saluran yang memudahkan masuknya sperma ke dalam rongga rahim (Thiyagarajan et al., 2024).



Gambar 1. 2 Endometrium pada Fase Proliferatif

Sumber : (Taylor et al., 2020)

b. Fase sekresi

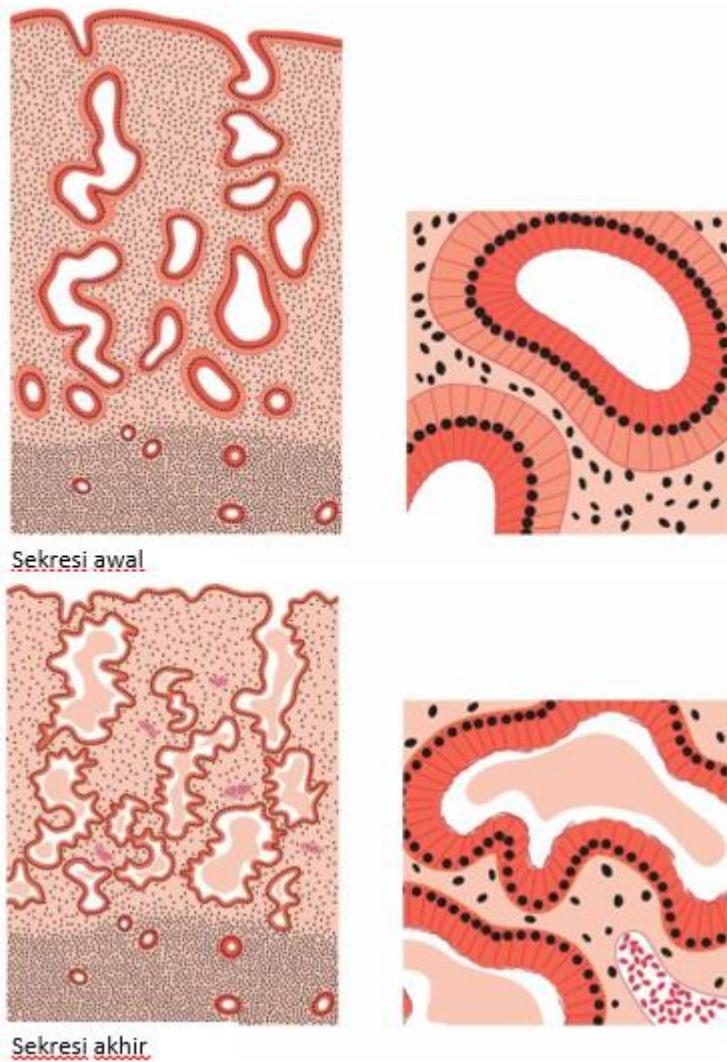
Endometrium setelah fase ovulasi menunjukkan reaksi kombinasi terhadap aktivitas estrogen dan progesteron. Hormon dominan pada fase ini adalah progesteron yang distimulasi oleh LH. Proliferatif epitel endometrium berhenti 3 hari setelah ovulasi akibat hormon progesteron. Progesteron merangsang pematangan endometrium sebagai persiapan untuk potensi implantasi sel telur yang telah dibuahi. Progesteron mendorong perkembangan kelenjar kompleks, meningkatkan akumulasi glikogen untuk energi, dan meningkatkan permukaan area arteri spiralis. Selain itu, progesteron mengental dan menurunkan elastisitas lendir serviks sehingga menyebabkannya lebih sulit

bagi sperma untuk melewatinya. Ini juga sedikit meningkatkan suhu basal tubuh (Taylor et al., 2020; Thiagarajan et al., 2024).

Sejak hari ke-7 sampai ke-13 pasca ovulasi terjadi perubahan dalam endometrium. Kelenjar-kelenjar sekretorik yang berkelok-kelok dan mengalami distensi sangat menonjol disertai dengan stroma diantaranya. 13 hari pasca ovulasi, endometrium telah mengalami diferensiasi menjadi tiga zona yang berbeda yaitu bagian tengah endometrium (sekitar 50% dari endometrium total) adalah stratum spongiosum dan lapisan superfisial endometrium (sekitar 25% dari tinggi endometrium) disebut stratum kompaktum (Taylor et al., 2020).

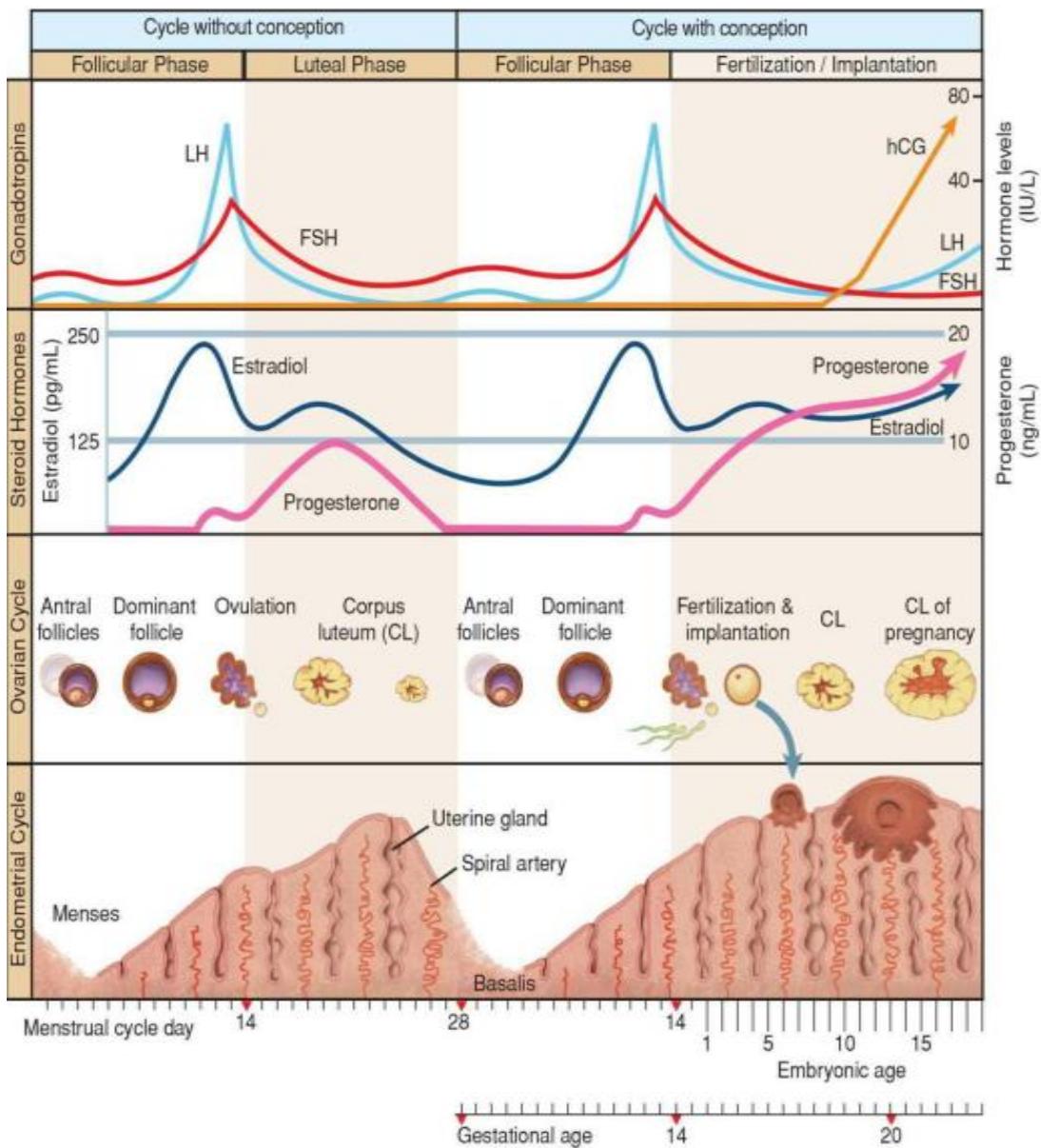
Selama fase sekretorik, tampak sel-sel yang disebut sebagai sel K (Körnchenzellen), mencapai konsentrasi puncak pada trimester pertama kehamilan. Sel-sel ini adalah granulosit yang memiliki peranan imunoprotektif dalam implantasi dan plasentasi. Sel-sel terletak di perivaskuler dan dianggap berasal dari darah. Pada hari 26-27, stroma endometrium diinfiltasi oleh lekosit-lekosit polimorfonuklir yang mengalami ekstravasasi (Taylor et al., 2020).

Tidak adanya fertilisasi, implantasi, dan hormon human chorionic gonadotropin (hCG) maka kadar progesteron menurun. Penurunan progesteron akan memperlambat pelepasan LH melalui umpan balik negatif pada kelenjar pituitari, mengakibatkan penurunan cepat kadar progesteron dan estradiol di kelenjar pituitary akhir fase. Ketika kadar hormon ini menurun, GnRH hipotalamus dilepaskan dari penghambatan umpan balik, yang menyebabkan terjadinya penurunan untuk peningkatan sekresi sebagai persiapan untuk siklus berikutnya. Penurunan estrogen dan progesteron mengawali peristiwa-peristiwa pada endometrium antara lain reaksi vasomotor, proses apoptosis, kehilangan jaringan, dan akhirnya terjadi menstruasi (Taylor et al., 2020; Thiagarajan et al., 2024).



Gambar 2.3 Endometrium pada Fase Sekresi

Sumber : (Taylor et al., 2020)



Gambar 2.4 Hubungan Antara Gonadotropin, Siklus Ovarium, Sekresi Gonad, dan Siklus Endometrium Selama Siklus Menstruasi Normal dan Terjadi Konsepsi

Sumber : (Cunningham et al., 2018)

C. Gangguan Menstruasi

Gangguan menstruasi bisa berupa kelainan pada siklus atau pada jumlah darah menstruasi. Menurut (Ilham et al., 2023), gangguan menstruasi meliputi :

1. Amenorea

Amenorea merupakan suatu keadaan berhentinya menstruasi. Amenorea terbagi menjadi dua yaitu amenorea primer dan sekunder. Dikatakan amenorea primer jika perempuan tidak menstruasi sampai usia 16 tahun. Amenorea sekunder adalah kondisi jika perempuan sudah mengalami menarche dan tidak menstruasi selama 3 bulan atau lebih.

2. Oligomenorea

Ologomenorea merupakan suatu kondisi siklus menstruasinya lebih panjang dari normalnya yaitu lebih dari 35 hari.

3. Polimenorea

Polimenorea merupakan suatu kondisi siklus menstruasi yang lebih pendek yaitu kurang dari 21 hari.

4. Hipermenorea

Merupakan gangguan menstruasi dengan durasi yang lebih lama dari rata-rata (> 8 hari) dengan jumlah perdarahan yang lebih banyak (> 80 ml) atau penggantian pembalut hingga 6 kali dalam sehari.

5. Hipomenorea

Merupakan gangguan menstruasi dengan durasi lebih pendek dari biasanya (berlangsung 1-2 hari) dengan jumlah perdarahan menstruasi lebih sedikit (< 40 ml) dalam satu siklus.

6. Dismenorea

Dismenorea merupakan kondisi sakit yang parah selama siklus menstruasi. Gejala dismenorea ditandai dengan kram pada perut, nyeri atau rasa tidak nyaman pada perut, nyeri punggung, sakit kepala, nyeri pada seluruh tubuh, mual, gerakan pencernaan meningkat, nyeri pada paha, sembelit, dan nafsu makan menurun. Setiap wanita bisa merasakan gejala dismenorea secara berbeda.

D. Embriologi

Embriologi merupakan studi yang mempelajari proses perkembangan organisme dari satu sel menjadi bayi selama 9 bulan. Hal ini mencakup faktor molekuler, seluler, dan struktural yang bersinergi terhadap pembentukan organisme (Sadler, 2024).

Embriologi manusia adalah studi tentang perkembangan embrio manusia dari tahap awal hingga menjadi janin. Proses ini melibatkan pembelahan sel dan diferensiasi seluler yang terjadi selama delapan minggu pertama setelah pembuahan, yang dikenal sebagai tahap embrionik. Setelah minggu kedelapan, embrio disebut janin dan perkembangan berlanjut hingga kelahiran (Adam, 2021).

Studi tentang embriologi sangat penting untuk memahami anatomi normal dan kelainan kongenital, terutama dalam praktik kebidanan dan kedokteran neonatal-perinatal yang melibatkan embriologi klinis. Mempelajari mengenai embriologi dalam karir di bidang ilmu kesehatan sangat penting karena dapat memberikan kerangka logis memahami anatomi manusia, menjadi jembatan antara dasar-dasar sains (misalnya, anatomi dan fisiologi) dan ilmu klinis (misalnya, kebidanan, pediatri, dan bedah), dan membantu dokter mengetahui secara akurat

dalam menangani pasien tentang banyak masalah (misalnya, kesehatan reproduksi, kontrasepsi, kelainan kongenital, perkembangan prenatal, fertilisasi in vitro, sel punca, pengeditan genom, dan cloning) (Schoenwolf et al., 2021; Torchia & Persaud, 2021).

Kehamilan manusia biasanya dibagi menjadi bedasarkan trimester untuk memudahkan pemahaman tentang perubahan kompleks yang terjadi di organisme yang berkembang dari waktu ke waktu. Trimester terbagi menjadi 3 periode (0 hingga 3 bulan, 3 hingga 6 bulan, dan 6 sampai 9 bulan) yang dimulai dari tanggal dimulainya periode menstruasi terakhir (tanda yang mudah diingat) dan berakhir pada saat lahir. Menurut (Schoenwolf et al., 2021), dalam ilmu embriologi, menggunakan interval yang disebut periode:

1. Periode sel telur yang terjadi sejak fertilisasi sampai akhir minggu ketiga
2. Periode embrio yang terjadi dari awal minggu keempat hingga akhir minggu kedelapan
3. Periode fetal dari awal bulan ketiga hingga lahir

E. Tahapan Embriogenesis Manusia

Tahapan embryogenesis manusia melalui 6 fase diantaranya fase gametogenesis, fertilisasi, pembelahan, gastrulasi, pembentukan rencana tubuh, dan organogenesis (Schoenwolf et al., 2021).

1. Gametogenesis

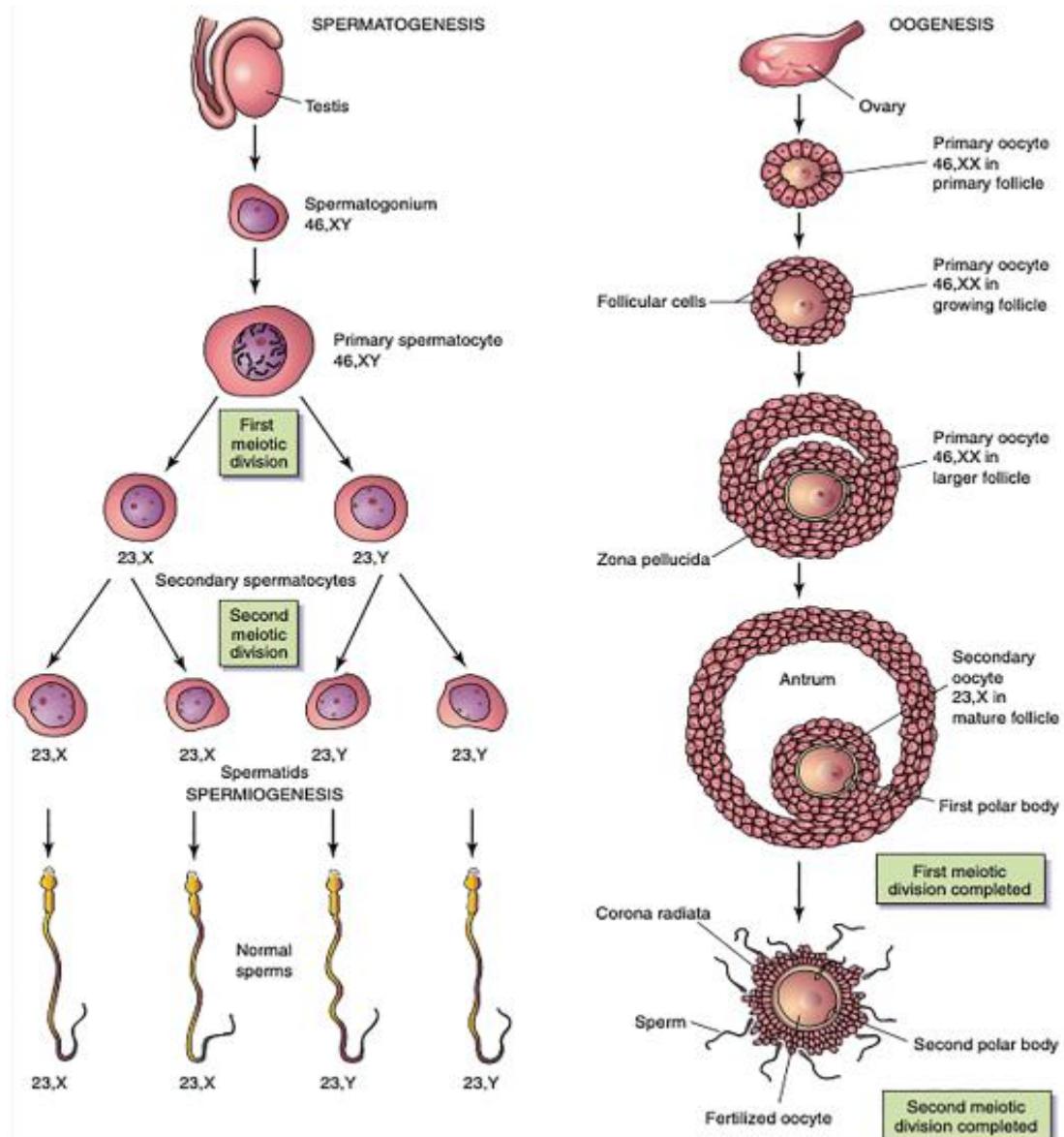
Gametogenesis (oogenesis dan spermatogenesis) merupakan proses dalam menghasilkan oosit dan sperma dari primordial germinal sel dan mempersiapkannya untuk fertilisasi. Sel oosit dan sperma masing-masing mengandung sejumlah kromosom haploid yang terdapat pada sel somatik. Nomor kromosom ini akan berkurang selama tahap meiosis yang merupakan tahap pembelahan khusus selama gametogenesis. Meiosis melibatkan dua pembelahan sel meiosis yang menghasilkan benih sel diploid sel yang menghasilkan gamet haploid dengan setengah materi genetik (Torchia & Persaud, 2021; Wassmann, 2022).

Pembelahan meiosis I adalah pembelahan reduksi di mana kromosom homolog dipisahkan. Jumlah kromosom direduksi menjadi haploid dengan berpasangan kromosom homolog dalam profase dan pemisahannya pada anafase dengan satu perwakilan dari setiap pasangan secara acak menuju ke setiap kutub gelendong meiosis. Pada tahap ini kromosom merupakan kromosom kromatid ganda (X dan Y) bukan homolog, tetapi memiliki segmen homolog di ujung lengan pendek dan berpasangan di wilayah ini saja (Börner et al., 2023; Farini & De Felici, 2022; Sato et al., 2021; Torchia & Persaud, 2021).

Disjungsi kromosom homolog berpasangan ini adalah dasar fisik dari segregasi, pemisahan gen alelik selama meiosis. Pembelahan meiosis II mirip dengan mitosis di mana kromatid ganda dipisahkan. Pembelahan meiosis II tidak mempunyai interfase, tetapi setiap kromosom kromatid ganda membelah, dan masing-masing kromatid ditarik ke kutub yang berbeda. Dengan demikian jumlah kromosom haploid tetap ada, dan setiap sel anak mempunyai satu perwakilan dari setiap pasangan kromosom (yang sekarang kromosom kromatid tunggal) (Torchia & Persaud, 2021).

Rekombinasi homolog adalah proses kunci dalam meiosis yang dimulai dengan pembentukan patahan DNA ganda yang terprogram. Proses ini memungkinkan pertukaran informasi genetik antara kromosom homolog, yang penting untuk variasi genetik (Huang & Roig, 2023; Kurzbauer et al., 2021).

Proses meiosis memastikan jumlah kromosom dari generasi ke generasi, memungkinkan pemilihan kromosom ibu dan ayah secara acak antara gamet dan merelokasi segmen kromosom ibu dan ayah dengan menyilangkan segmen kromosom yang menghasilkan rekombinasi materi genetik (Torchia & Persaud, 2021).



Gambar 2.5 Proses Spermatogenesis dan Oogenesi

Sumber : (Torchia & Persaud, 2021)

2. Fertilisasi

Fertilisasi merupakan proses dimana gamet jantan dan gamet betina menyatu. Hal ini terjadi di daerah ampula yang merupakan bagian terluas dari tuba falopi dan dekat dengan ovarium. Hanya 1% sperma yang masuk di vagina dapat melalui serviks dan dapat hidup selama berjam-jam. Pergerakan sperma dari serviks ke tuba falopi terjadi melalui kontraksi otot-otot uterus dan tuba falopi dan sangat sedikit dengan sendirinya tenaga penggerak. Perjalanan dari serviks ke tuba falopi bisa terjadi secepat 30 menit atau paling lambat 6 hari (Sadler, 2024).

Spermatozoa dalam membuahi oosit harus melalui kapasitasi dan reaksi akrosom. Kapasitasi adalah pengkondisionan sperma pada saluran genital wanita yang berlangsung sekitar 7 jam. Selama kapasitasi, selubung glikoprotein dan

protein plasma mani menutupi membran plasma sperma di lapisan akrosom dihilangkan. Hanya sperma yang berkapasitas yang mengalami reaksi akrosom dan membuahi ovum. Reaksi akrosom terjadi ketika sperma yang terkapasitasi bersentuhan dengan zona pelusida (yaitu, reaksi akrosom diinduksi oleh protein zona). Reaksi akrosom yang terjadi setelahnya berikatan dengan zona pelusida dan diinduksi oleh protein zona. Reaksi ini mencapai puncaknya pada pelepasan enzim yang dibutuhkan untuk menembus zona pelusida tersebut, termasuk enzim yang mirip zat acrosin dan trypsin (Mafruchati, 2023; Nixon & Bromfield, 2018; Sadler, 2024). Tahapan dalam fertilisasi meliputi:

a. Fase 1, penetrasi corona radiata

Ketika spermatozoa pertama kali bertemu dengan sel telur yang sedang berovulasi di bagian ampula tuba falopi, sperma harus menembus korona radiata dan beberapa sisa kumulus oophorus yang mewakili lapisan luar kompleks sel telur. Korona radiata adalah lapisan seluler dengan matriks antar sel yang terdiri dari protein dan karbohidrat konsentrasi tinggi, terutama asam hialuronat. Hyaluronidase yang keluar dari kepala sperma berperan besar dalam penetrasi corona radiata, namun gerakan aktif dari spermatozoa juga penting (Carlsson, 2019).

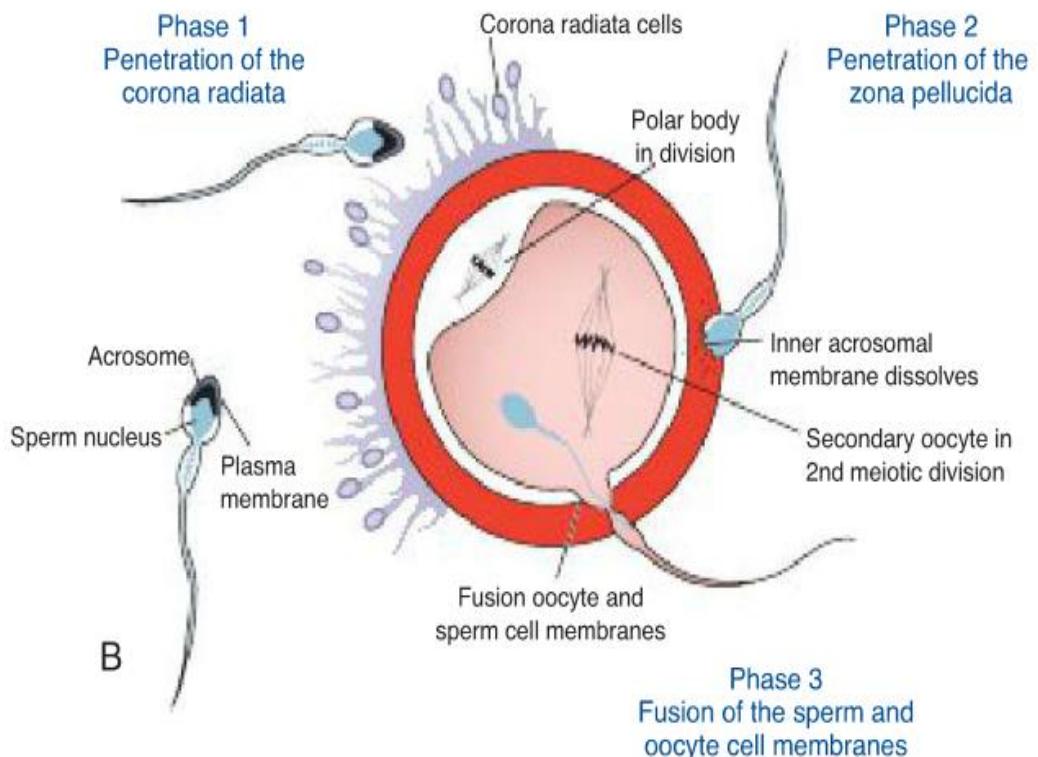
b. Fase 2, penetrasi zona pelusida

Zona pelusida adalah cangkang glikoprotein yang mengelilingi sel telur yang memfasilitasi dan mempertahankan pengikatan sperma dan menginduksi reaksi akrosom. Baik pengikatan maupun reaksi akrosom dimediasi oleh ligan ZP3, protein zona. Pelepasan enzim akrosomal (akrosin) memungkinkan sperma menembus zona tersebut, sehingga bersentuhan dengannya membran plasma oosit. Permeabilitas zona pelusida berubah ketika kepala sperma bersentuhan dengan permukaan oosit. Kontak ini menghasilkan pelepasan enzim lisosom dari butiran kortikal yang melapisi membran plasma oosit. Pada gilirannya, enzim ini mengubah sifat zona pelusida (reaksi zona) untuk mencegah penetrasi sperma dan menonaktifkan reseptor spesifik spesies tempat spermatozoa pada permukaan zona. Hanya satu spermatozoa yang mampu menembus oosit (Sadler, 2024).

c. Fase 3, fusi oosit dan sel sperma

Adhesi awal sperma ke oosit sebagian dimediasi oleh interaksi integrin pada oosit dan ligannya, disintegrin pada sperma. Setelah adhesi, terjadi fusi (peleburan) antara membran plasma sperma dan sel telur. Kepala dan ekor spermatozoa akan memasuki sitoplasma oosit, tetapi membran plasma di permukaan oosit. spermatozoa yang memasuki oosit akan direspon dalam tiga

cara, yaitu kortikal dan reaksi zona, dimulainya pembelahan meiosis kedua, dan aktivasi metabolisme sel telur (Sadler, 2024)



Gambar 2.6 Proses Fertilisasi

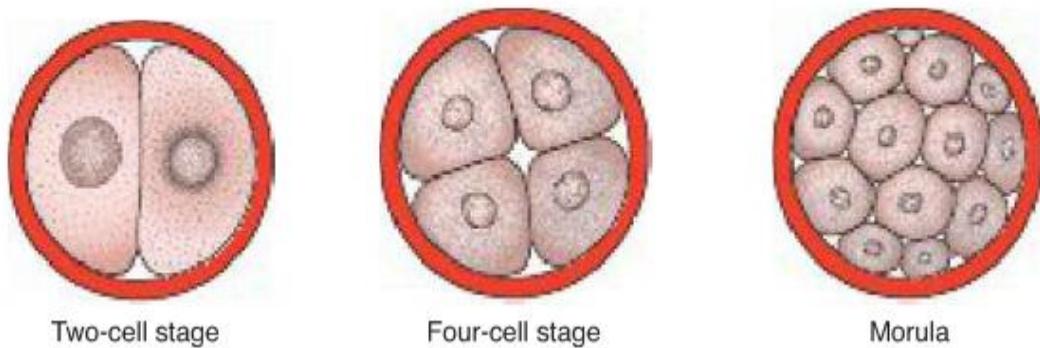
Sumber : (Sadler, 2024)

3. Pembelahan

Dalam waktu 24-30 jam setelah proses fertilisasi, maka zigot akan berjalan di sepanjang tuba falopi menuju uterus. Zigot akan mengalami serangkaian pembelahan sel mitosis secara berulang dan cepat yang disebut *cleavage*. Pembelahan ini disertai dengan pertumbuhan sel sehingga zigot yang membelah menjadi sel anak yang lebih kecil yang disebut blastomer. Embrio secara keseluruhan tidak bertambah besar selama pembelahan dan tetap tertutup di dalam zona pelusida. Mula-mula zigot akan membelah menjadi dua sel anak. Pembelahan kedua menghasilkan empat blastomer yang sama dalam waktu 40 jam setelah fertilisasi. Dalam 3 hari, embrio akan terdiri dari 6 sampai 12 sel, dan pada hari ke-4 terdiri dari 16 sampai 32 sel. Embrio pada tahap ini disebut morula (Sadler, 2024; Schoenwolf et al., 2021; Torchia & Persaud, 2021).

Proses pembelahan (*cleavage*) ini berbeda dari pembelahan sel konvensional yang terjadi pada banyak jenis sel sepanjang hidup suatu organisme selama pembelahan, masing-masing sel anak yang dibentuk saat pembelahan ukurannya kira-kira setengah ukuran sel induknya. Sebaliknya, pembelahan sel konvensional, sel tumbuh kira-kira ukurannya menjadi ukuran sel induk sebelum menjalani putaran pembelahan sel berikutnya. Efek dari

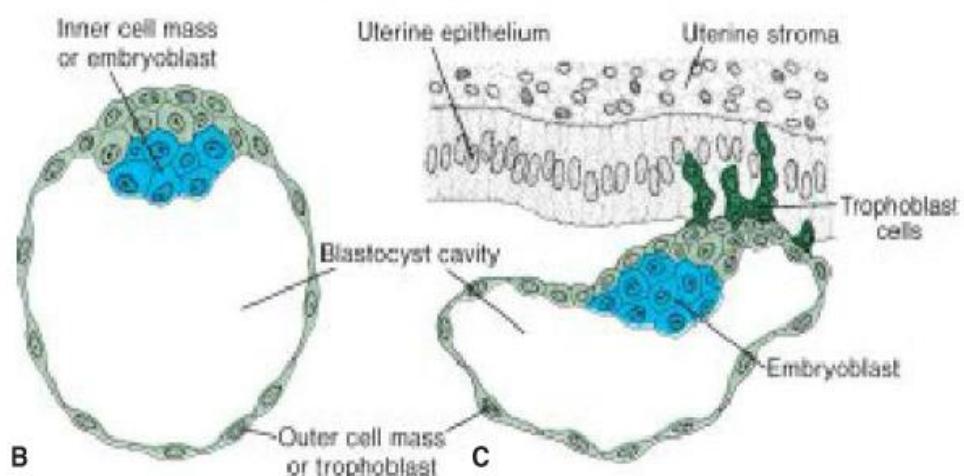
pembelahan (*cleavage*) ini adalah untuk meningkatkan rasio nukleositoplasma (volume inti) dibandingkan dengan volume sitoplasma. Zigot memiliki rasio nukleositoplasma yang kecil karena itu mengandung satu inti dan sejumlah besar sitoplasma (Schoenwolf et al., 2021).



Gambar 2.7 Tahap Pembelahan Hingga Morula

Sumber : (Sadler, 2024)

Morula akan memasuki rongga rahim dan cairan mulai menembus melalui zona pelusida ke ruang interseluler (antar sel) dari massa sel bagian dalam. Secara bertahap interseluler menjadi konfluen, dan akhirnya menjadi satu rongga yang terbentuk, yang disebut blastokel. Embrio dalam tahap ini disebut blastokista. Sel dari bagian dalam massa sel yang sekarang disebut embrioblast yang berada dalam satu kutub, dan bagian terluar massa sel atau trofoblas merata dan membentuk epitel dinding blastokista. Zona pelusida yang menghilang memungkinkan dimulainya implantasi. Sel trofoblas di atas kutub embrioblast mulai menembus antar sel-sel epitel endometrium pada hari keenam. Sehingga pada akhir minggu pertama setelah fertilisasi, zigot telah melalui tahap morula dan blastokista dan telah mulai berimplantasi di endometrium (Sadler, 2024).

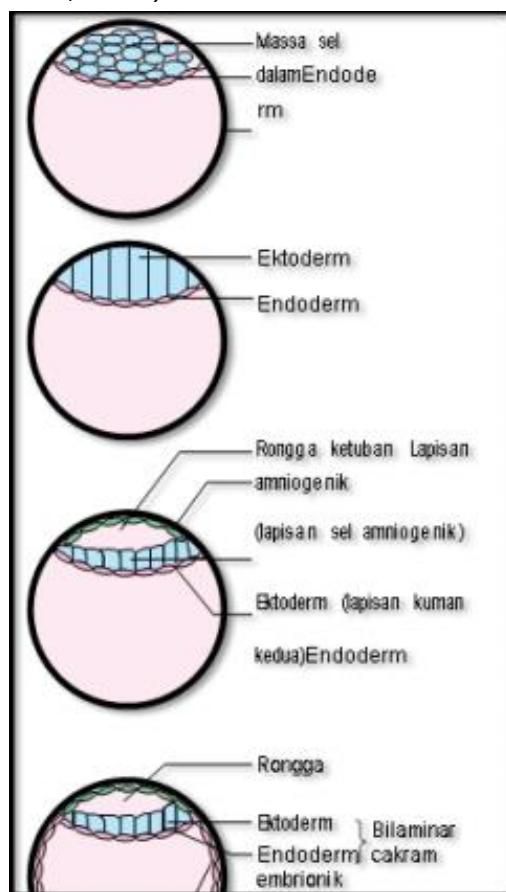


Gambar 2.8 Tahap Blastokista dan Implantasi

Sumber : (Sadler, 2024)

4. Gastrulasi

Dalam minggu ketiga, embrioblas berbentuk cakram dan mengalami diferensiasi menjadi tiga lapisan germinal yang disebut gastrulasi. Selama gastrulasi, sel-sel mengalami pergerakan ekstensif relatif satu sama lain sehingga mengubah posisi mereka. Hal ini membuat sel bersentuhan dengan sel baru yang bersebelahan dan memungkinkan penerusan informasi antar sel. Tiga lapisan germinal yang terbentuk disebut ektoderm, mesoderm, dan endoderm. Lapisan germinal menimbulkan dasar-dasar jaringan dan organ pada tahap perkembangan berikutnya. Ektoderm memunculkan sistem saraf, kulit, dan rambut. Mesoderm memunculkan otot, tulang, dan sistem peredaran darah. Endoderm memunculkan sistem pencernaan, hati, dan paru-paru (Rajput & Rajput, 2024; Schoenwolf et al., 2021).



Gambar 2.9 Pembentukan Cakram Embrionik Bilaminar

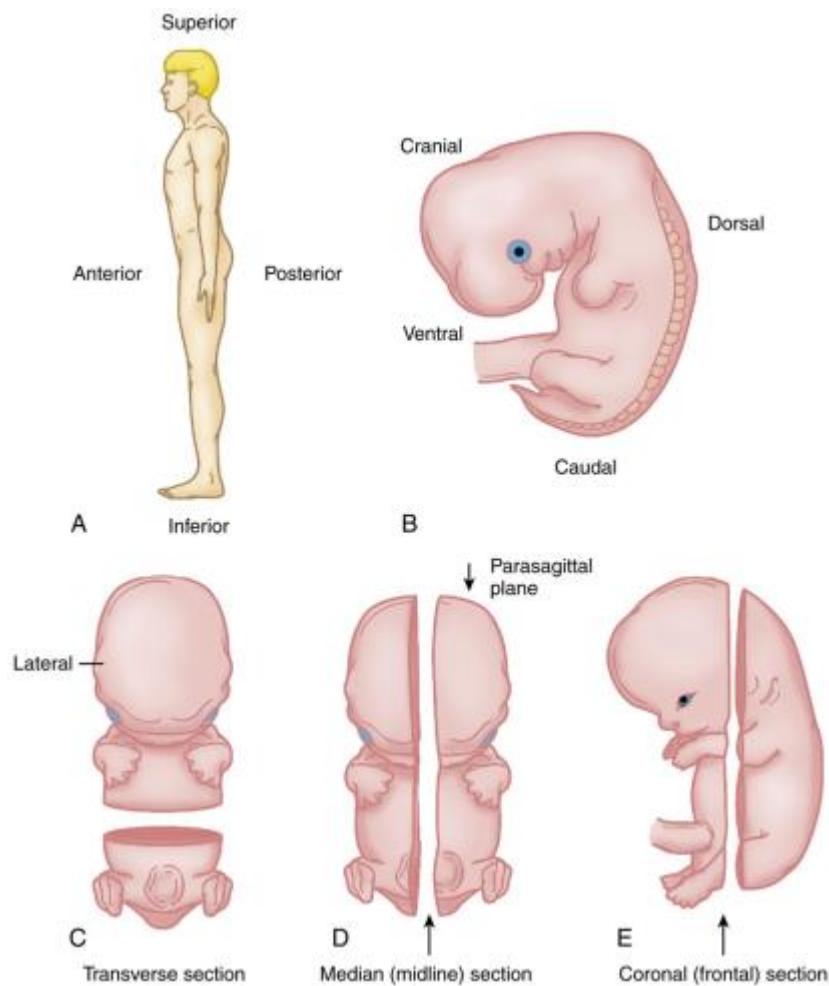
Sumber : (Mafruchati, 2023)

5. Pembentukan Rencana Tubuh

Fase kelima embriologi manusia adalah pembentukan rencana tubuh. Beberapa ahli ada yang menganggap fase ini sebagai bagian dari gastrulasi, ada pula yang menyebut fase ini sebagai morfogenesis. Gastrulasi berlanjut selama pembentukan rencana tubuh dan melibatkan morfogenesis yaitu pembentukan bentuk. Pembentukan bentuk tubuh juga melibatkan pelipatan embrio secara

ekstensif. Selama gastrulasi, embrio terdiri dari cakram sel berlapis dua atau tiga yang datar yang diposisikan antara dua struktur yaitu amnion (ruang tertutupnya yang berisi cairan, rongga ketuban) dan *yolk sac* (ruang tertutupnya yang berisi cairan, kantung *yolk sac*). Pada tahap ini cakram embrio yang datar melalui proses melipat cakram embrio akan menjadi agak silindris. Tujuan dari pelipatan ini adalah untuk memisahkan embrio dari selaput ekstraembrioniknya (yaitu amnion dan kantung *yolk sac*), dan untuk mengubah cakram datar menjadi tubuh tiga dimensi tabung rencana tubuh (Schoenwolf et al., 2021).

Dimensi tabung rencana tubuh terdiri dari tabung luar (terbentuk dari lapisan germinal ektodermal) dan bagian dalam (terbentuk dari lapisan germinal endodermal), dengan dua tabung dipisahkan oleh mesoderm. Tambahan tabung (seperti tabung saraf, dasar saraf pusat sistem) dibentuk oleh lipatan lapisan embrio sekunder lainnya (tabung-tabung ini tidak terbentuk karena aksi lipatan embrio), dan tidak dianggap sebagai salah satu dari dua tabung berkontribusi pada rencana tubuh. Dengan terbentuknya dimensi rencana tubuh, embrio kini mempunyai ciri khas bentuk tubuh seperti embrio, dilindungi dari lingkungan luarnya oleh tabung luar (kulit primitif), dan bagian dalam (kulit primitif usus), dipisahkan oleh penyangga kerangka primitif (mesoderm). Dengan pembentukan rencana tubuh, embrio sekarang memiliki bentuk yang lebih mirip dengan orang dewasa, dan ketiga sumbu badannya lebih jelas (Schoenwolf et al., 2021).



Gambar 2.10 Sumbu Tubuh dan Bidang Bagian pada Manusia Dewasa dan Embrio

Sumber : (Schoenwolf et al., 2021)

(A) Pandangan lateral orang dewasa; (B) Pandangan lateral embrio manusia umur 5 minggu (C,D) Gambaran ventral embrio manusia umur 6 minggu menunjukkan bidang penampang (C) melintang dan (D) sagittal. (E) Pandangan lateral embrio manusia menunjukkan bidang bagian koronal (frontal) pada minggu ke-6.

6. Organogenesis

Setelah pembentukan tiga lapisan germinal, terjadi perubahan regional pada masing-masing lapisan ini. Salah satu perubahan telah terjadi seperti melipatnya bagian ektoderm untuk membentuk tabung saraf. Perubahan seperti ini membentuk dasar-dasar organ. Dengan selesainya pembentukan rencana tubuh dan pembentukan dasar-dasar organ, maka memasuki tahap organogenesis. Selama organogenesis, dasar-dasar organ mengalami pertumbuhan dan diferensiasi membentuk organ dan sistem organ (Schoenwolf et al., 2021).

Tahap ini ditandai dengan sel yang cepat proliferasi, migrasi, dan diferensiasi. Pada akhir tahap ini, semua organ utama dan struktur tubuh terbentuk, meskipun ini akan terus tumbuh dan matang sepanjang waktu kehamilan. Organ-organ dan sistem organ ini mulai berkembang dan berfungsi selama kehidupan intrauterin. Beberapa organ yang mulai berfungsi saat janin perlu cepat beradaptasi dengan fungsi lain pada saat lahir. Misalnya organ paru-paru, saat janin bertransisi dari kehidupan intrauterin yang berair ke luar rahim yang mengharuskan pernapasan udara, maka fungsi paru-paru (dan sistem kardiovaskular) diubah dengan cepat (Rajput & Rajput, 2024; Schoenwolf et al., 2021).

F. Pertumbuhan dan Perkembangan Janin

Periode masa janin dimulai dari awal minggu kesembilan hingga lahir. Sebagian besar sistem organ sudah menyelesaikan perkembangan awal pada akhir periode embrio (akhir minggu ke 8), tetapi pematangan berbagai macam sistem organ akan terus berlanjut. Pada periode juga terjadi pertumbuhan tubuh yang cepat. Panjang janin biasanya diukur dengan cara *crown-rump length* (CRL) yaitu dari ujung kepala hingga ujung bokong atau *crown-heel length* (CHL) yaitu pengukuran panjang janin diukur dari puncak tengkorang hingga tumit (ketinggian berdiri). Panjang janin berkorelasi dengan usia janin dalam minggu atau bulan. Pertumbuhan panjang janin sangat mencolok pada bulan ke 3 hingga ke 5, sedangkan berat badan janin paling besar mencolok selama 2 bulan terakhir kehamilan (Sadler, 2024; Torchia & Persaud, 2021).

Tabel 2.2 Pertumbuhan Panjang dan Berat Badan Janin dalam Periode Fetal

Minggu	Pengukuran CRL (cm)	Berat Badan (gram)
9-12	5-8	10-45
13-16	9-14	60-200
17-20	15-19	250-450
21-24	20-23	500-820
25-28	24-27	900-1.300
29-32	28-30	1.400-2.100
33-36	31-34	2.200-2.900
37-38	35-36	3.000-3.400

Sumber : (Sadler, 2024).

Selama bulan ketiga, terjadi pembentukan pada wajah hingga menyerupai manusia pada umumnya. Mata yang mulanya terletak disamping berpindah ke ventral wajah dan telinga terletak di sisi kepala. Kaki dan tangan mencapai panjang yang relatif dibandingkan dengan bagian tubuh lainnya, meski anggota tubuh

bagian bawah masih sedikit lebih pendek dan kurang berkembang dibandingkan ekstremitas atas. Pada minggu ke 12, pusat osifikasi primer terdapat di tulang panjang dan tengkorak. Janin mulai melakukan gerakan pernapasan antisipatif pada awal 11 minggu. Genitalia eksternal berkembang dan bentuknya berdeferensiasi secara matang, serta urin janin mulai terbentuk pada minggu ke 9-12. Kondisi ini memungkinkan jenis kelamin janin dapat ditentukan ketika dilakukan USG. Saat minggu ke 6, *intestinal loop* mengalami pembengkak besar (hernias) di tali pusat, tetapi ketika minggu ke 12 loop ini akan ditarik ke dalam rongga perut. Pada akhir bulan ketiga terdapat aktivitas refleks yang menunjukkan adanya aktivitas otot. Eritropoiesis pada minggu ke 12 juga meluas lokasinya dari hati ke limpa (Carlsson, 2019; Sadler, 2024; Torchia & Persaud, 2021).

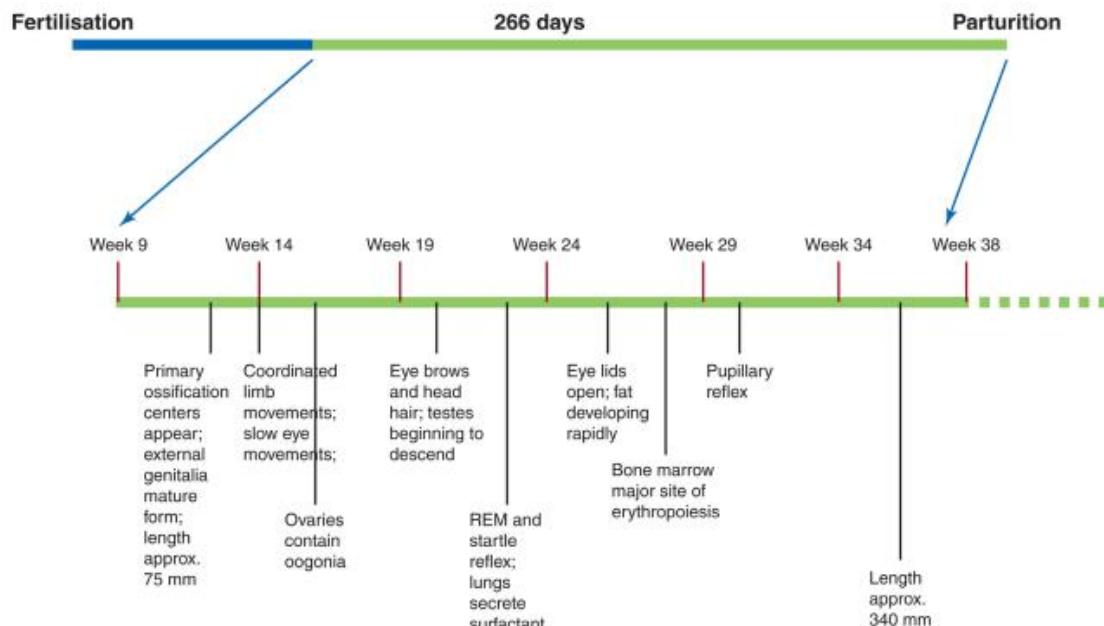
Selama bulan keempat dan kelima, janin tumbuh memanjang dengan cepat dan pada akhir paruh waktu pertama kehidupan intrauterine panjang CRL-nya kira-kira 15 cm, kira-kira setengah panjang totalnya dari bayi yang baru lahir. Berat janin bertambah sedikit selama periode ini dan pada akhir bulan kelima masih < 500 g. Pada minggu ke 14-16, gerakan tangan dan tungkai terkoordinasi, serta gerakan mata yang lambat disertai pematangan otak tengah. Gerakan janin sudah bisa dirasakan oleh ibu pada bulan kelima. Minggu ke 16-20, telinga luar ditemukan pada posisi akhir, rambut kepala dan alis terlihat, lemak coklat terbentuk. Rambut lanugo merupakan rambut halus yang menutupi janin. Pada janin perempuan rahim akan terbentuk dan kanalisasi vagina dimulai saat minggu ke 18, sedangkan pada janin laki-laki testis mulai turun pada minggu ke 20 (Cunningham et al., 2018; Sadler, 2024; Torchia & Persaud, 2021).

Selama paruh waktu kedua kehidupan intrauterin, berat badan meningkat pesat, terutama selama 2,5 bulan terakhir. Bulan keenam, kulit janin berwarna kemerahan dan tampak keriput karena kurangnya ikatan yang mendasari jaringan di bawahnya. Janin yang lahir pada awal bulan keenam mengalami kesulitan besar untuk bertahan hidup. Meskipun beberapa sistem organ mampu berfungsi, sistem pernapasan dan sistem saraf pusat tidak cukup terdiferensiasi, dan koordinasi antara kedua sistem belum terjalin dengan baik. Pada usia 6,5 hingga 7 bulan, janin memiliki CRL sebesar sekitar 25 cm dan berat sekitar 1.100 g. Jika lahir pada saat ini, bayi tersebut mempunyai peluang 90% untuk bertahan hidup. Pada minggu ke 21–25, gerakan mata cepat, respons terkejut, surfaktan paru diproduksi. Minggu 26–29, terdapat gerakan pernafasan, kelopak mata terbuka, dan eritropoiesis bergerak terutama ke sumsum tulang (Sadler, 2024; Torchia & Persaud, 2021).

Selama 2 bulan terakhir, janin memperoleh kontur yang menyeluruh akibat pengendapan lemak subkutan. Kulit akan ditutupi warna keputihan yaitu zat lemak (*vernix caseosa*) yang terdiri terdiri dari produk sekretori dari kelenjar sebaceous

pada akhir kehidupan intrauterin. Persentasi lemak tubuh akan meningkat pada minggu ke 30-34 dan mewakili sekitar 15% berat badan pada minggu ke 35-38. Testis juga akan mulai turun terletak pada skrotum juga pada minggu ke 35-38. Refleks pupil juga ditemukan pada minggu ke 30-34 (Schoenwolf et al., 2021; Torchia & Persaud, 2021).

Pada akhir bulan kesembilan, kepala memiliki lingkaran terbesar dari seluruh bagian tubuh, hal ini berhubungan dengan kelahiran melalui jalan lahir. Berat badan janin saat lahir normal adalah 3.000-3.400 g, dengan CRL-nya sekitar 36 cm, dan CHL-nya sekitar 50 cm. Ciri-ciri seksual terlihat dan testis harus berada di skrotum (Sadler, 2024).



Gambar 2.11 Garis Waktu Perkembangan pada Masa Janin

Sumber : (Torchia & Persaud, 2021)

G. Pertumbuhan dan Perkembangan Plasenta

Plasenta adalah organ yang memfasilitasi nutrisi dan pertukaran gas antara ibu dan janin. Saat janin memasuki masa perkembangan mulai minggu ke 9, kebutuhan akan nutrisi dan faktor lainnya semakin meningkat, sehingga menyebabkan perubahan pada plasenta. Perubahan yang paling utama adalah peningkatan luas komponen permukaan antara ibu dan janin dalam memfasilitasi pertukaran. Disposisi selaput membran janin juga dirubah dalam peningkatan cairan ketuban (Sadler, 2024).

Setelah proses fertilisasi, dalam periode embrio pada 5-6 hari akan terbentuk blastokista. Blastokista terdiri dari dua jenis sel embrionik yang berbeda, yaitu sel trofoblas pada bagian luar dan yang membentuk plasenta, serta massa sel dalam (inner cell mass) yang akan membentuk janin dan selaput janin. Selaput janin

merupakan bagian yang berkembang dari kantung korionik dan bagian maternal yang berasal dari desidua basalis (bagian endometrium yang berada dalam konseptus). Tahap ini disebut tahap preimplantasi (Pratiwi et al., 2024; Torchia & Persaud, 2021).

Pada hari kedelapan pasca fertilisasi, trofoblas yang telah terbentuk akan berdiferensiasi untuk memulai tahap awal implantasi. Trofoblas akan berdiferensiasi menjadi sinsitium berinti banyak pada bagian luar (sinsitiotrofoblas) dan lapisan dalam sel primitif mononuclear (sitotrofoblas). Sitotrofoblas akan mengalami proliferasi, dinding selnya menghilang, dan sel-sel tersebut menyatu untuk menambah lapisan luar sinsitiotrofoblas yang berkembang. Setiap sitotrofoblas memiliki batas sel yang jelas, satu nukleus, dan kemampuan untuk menjalani sintesis DNA dan mitosis. Sedangkan sinsitiotrofoblas, yang menyediakan fungsi transportasi plasenta tidak memiliki hal tersebut (Cunningham et al., 2018).

Setelah erosi ringan di antara sel-sel epitel endometrium, trofoblas menginviasi lebih dalam. Pada hari ke-9 perkembangan, dinding blastokista yang menghadap lumen uterus menjadi satu lapisan sel pipih. Pada hari ke-10, blastokista terbungkus sepenuhnya di dalam endometrium. Dinding blastokista yang berseberangan dengan lumen uterus lebih tebal dan terdiri dari dua zona yaitu trofoblas dan massa sel bagian dalam pembentuk embrio. Massa sel bagian dalam atau cakram embrio akan berdiferensiasi menjadi lempeng tebal ektoderm primitif dan lapisan endoderm di bawahnya. Beberapa sel kecil muncul di antara cakram embrio dan trofoblas dan membungkus ruang kosong yang akan menjadi rongga amnion (Cunningham et al., 2018).

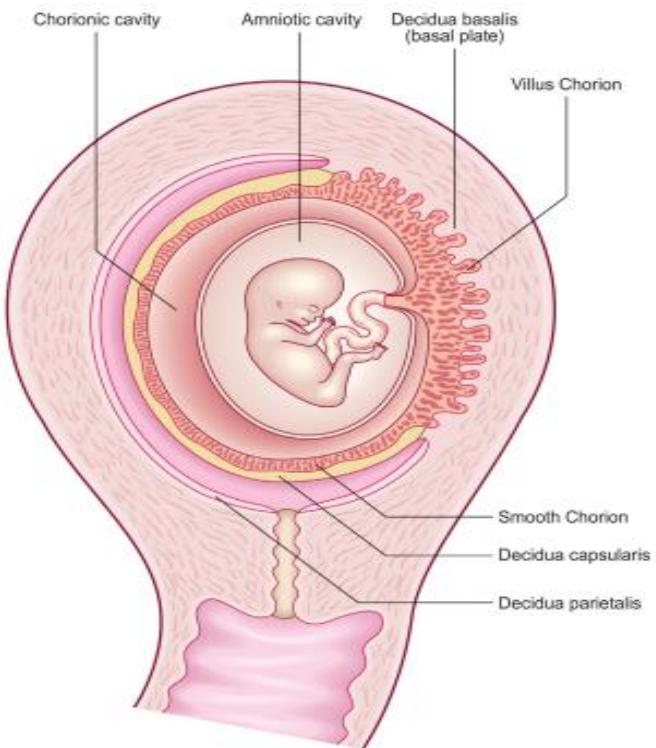
Dalam rongga blastokista muncul kelompok sel yang dikenal sebagai mesenkim ekstraembrionik, dan selanjutnya akan melapisi rongga blastokista. Rongga blastokista yang menyatu dalam mesoderm ekstraembrionik akan membentuk rongga korionik (selom ekstraembrionik). Korion tersusun atas trofoblas dan mesenkim. Beberapa sel mesenkim akhirnya akan memadat untuk membentuk tangkai tubuh. Tangkai ini menghubungkan embrio dengan nutrisi korion dan kemudian berkembang menjadi tali pusat (Cunningham et al., 2018).

Trofoblas setelah selesai implantasi akan berdiferensiasi sepanjang dua jalur utama, yang menghasilkan trofoblas vili dan ekstravili. Trofoblas vili menghasilkan vili korionik, yang berfungsi dalam mengangkut oksigen, nutrisi, dan senyawa lain antara janin dan ibu. Trofoblas ekstravili bermigrasi ke desidua dan miometrium dan juga menembus pembuluh darah ibu, sehingga bersentuhan dengan berbagai jenis sel ibu. Trofoblas ekstravili diklasifikasikan sebagai trofoblas interstisial dan trofoblas endovaskular. Trofoblas interstisial menginviasi desidua dan akhirnya menembus miometrium untuk membentuk sel raksasa tempat bantalan plasenta. Trofoblas ini

juga mengelilingi arteri spiralis. Trofoblas endovaskular menembus lumen arteri spiralis (Cunningham et al., 2018).

Vili korionik menutupi seluruh kantung korionik hingga awal minggu kedelapan. Kantung karionik akan tumbuh sehingga vili yang berhubungan dengan desidua capsularis (desidua yang melapisi embrio) menjadi tertekan, nekrotik dan mengalami degenerasi, menghasilkan korion halus. Vili desidua basalis mengalami proliferasi dengan cepat, bercabang dan membesar, yang membentuk korion vili. Cangkang sitotrofoblas akan melekatkan bagian plasenta ibu dan janin. Vili korionik melekat erat pada desidua basalis melalui cangkang ini. Arteri endometrium dan vena melewati celah-celah pada cangkang sitotrofoblastik secara bebas dan masuk ke ruang intervili. Desidua basalis akan terkisis untuk memperbesar ruang intervili (akibat invasi vili korionik). Septa plasenta, yang menonjol ke arah lempeng korionik, membagi bagian janin dari plasenta menjadi kotiledon, yang masing-masing terdiri dari dua atau lebih batang vili dan banyak cabang vili. Pada akhir bulan keempat, desidua basalis hampir seluruhnya digantikan oleh kotiledon (Torchia & Persaud, 2021).

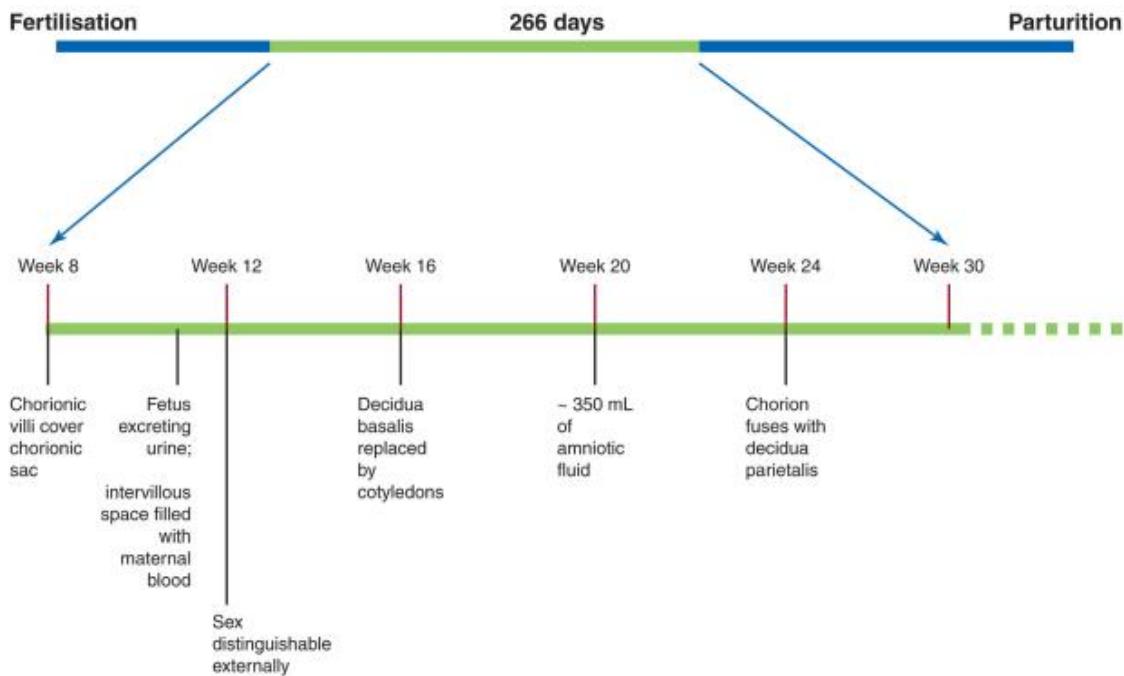
Hasil konsepsi yang membesar membuat desidua kapsularis menonjol ke dalam rongga rahim dan menjadi sangat menipis. Desidua capularis kemudian akan menyatu dengan desidua parietalis pada dinding uterus yang berseberangan, sehingga rongga uterus hancur. Pada minggu ke-22 hingga ke-24, desidua capsularis mengalami degenerasi karena berkurangnya vaskularisasi, yang memungkinkan korion halus menyatu dengan desidua parietalis (Torchia & Persaud, 2021).



Gambar 1. 12 Membran dan Struktur Plasenta

Sumber : (Torchia & Persaud, 2021)

Ruang intervili plasenta pada minggu ke 11 sampai ke 14 mengandung darah ibu, hasil dari penggabungan dan pelebaran jaringan lakuna. Ruang intervili sebagian dibagi menjadi kompartemen oleh septa plasenta. Darah ibu memasuki ruang intervili dari arteri endometrium spiral di desidua basalis. Ruang intervili dialirkan oleh vena endometrium. Banyak vili cabang terus menerus berisikan dengan darah ibu di ruang intervili. Sampai sekitar 20 minggu, membran plasenta terdiri dari empat lapisan yaitu sinsititrofoblas, sitotrofoblas, jaringan ikat jaringan vili dan endotelium kapiler janin. Setelah minggu ke 20, sel sitotrofoblas menghilang sehingga area vili yang luas menyisakan bercak tipis sinsititrofoblas. Membran plasenta kemudian terdiri dari tiga lapisan di sebagian besar area, dan di beberapa tempat membran plasenta menjadi sangat menipis. Pada saat ini sinsititrofoblas bersentuhan langsung dengan endotelium kapiler janin untuk membentuk membran plasenta vasculosyncytial (Torchia & Persaud, 2021).



Gambar 1. 13 Garis Waktu Perkembangan Plasenta

Sumber : (Torchia & Persaud, 2021)

H. Latihan Soal

- Pada **fase** ovulasi, lonjakan hormon LH menyebabkan?
 - Perekrutan folikel primordial
 - Penurunan produksi estrogen
 - Pembesaran folikel de Graaf
 - Ruptur folikel dan pelepasan oosit
 - Penurunan kadar FSH
- Apa yang akan terjadi jika tidak terjadi pembuahan pada sel telur?
 - Korpus luteum akan tetap berkembang
 - Korpus luteum akan menjadi korpus albikan
 - Fase luteum akan berlanjut lebih lama
 - Estrogen dan progesteron akan meningkat
 - Folikel de Graaf akan berkembang lebih cepat
- Proses pembentukan lapisan-lapisan germinal (ektoderm, mesoderm, dan endoderm) pada embrio manusia terjadi pada tahap?
 - Morula
 - Blastula
 - Gastrula
 - Trofoblas

E. Zigot

4. Apa **yang** dimaksud dengan morula dalam embriologi manusia?
 - A. Embrio yang terbentuk setelah proses gastrulasi
 - B. Embrio yang terdiri dari 16-32 sel yang berukuran sama
 - C. Embrio yang sudah memiliki lapisan germinal
 - D. Embrio yang sudah membentuk rancangan tubuh
 - E. Embrio yang sudah mulai membentuk organ
5. Struktur yang membentuk dinding luar blastosit dan berfungsi untuk implantasi ke dalam rahim adalah?
 - A. Epiblas
 - B. Hipoblast
 - C. Trofoblast
 - D. Inner cell mass
 - E. Blastokista
6. Periode masa janin dimulai dari minggu ke?
 - A. Minggu ke-8
 - B. Minggu ke-9
 - C. Minggu ke-10
 - D. Minggu ke-11
 - E. Minggu ke-12
7. Pada bulan keempat dan kelima, panjang CRL (crown-rump length) janin mencapai sekitar?
 - A. 10 cm
 - B. 15 cm
 - C. 20 cm
 - D. 25 cm
 - E. 30 cm
8. Pada minggu ke-30-34, persentase lemak tubuh pada janin mencapai sekitar?
 - A. 5%
 - B. 10%
 - C. 15%
 - D. 20%
 - E. 30%

9. Apa fungsi utama dari plasenta dalam proses kehamilan?
 - A. Menghasilkan hormon estrogen
 - B. Menjadi tempat menempelnya janin selama masa intrauterine
 - C. Menyediakan tempat untuk pembuahan
 - D. Memfasilitasi pertukaran nutrisi dan gas antara ibu dan janin
 - E. Mengontrol perkembangan janin

10. Bagaimana struktur plasenta berkembang sepanjang trimester pertama?
 - A. Plasenta tetap tidak berubah sepanjang kehamilan
 - B. Korion halus berkembang menjadi mesenkim ekstraembrionik
 - C. Membran plasenta menebal dan terpisah dari dinding rahim
 - D. Membentuk rongga korionik yang akan menjadi tempat bagi tali pusat
 - E. Vili korionik berkembang dan membentuk kotiledon pada desidua basalis

Latihan Soal Kasus

Kasus

Siska usia 21 tahun merupakan mahasiswi tingkat akhir datang periksa ke bidan dengan mengeluh siklus menstruasinya tidak teratur dan khawatir selalu nyeri perut ketika menstruasi. Hasil anamnesa didapatkan, siklus mentruasi melebihi 35 hari, siska sering bergadang mengerjakan skripsi, sering konsumsi makanan cepat saji, tidak pernah berolahraga, dan nyeri perut saat mentruasi yang tidak mengganggu aktivitas. Hasil pemeriksaan didapatkan, keadaan umum baik, tanda-tanda vital normal, pemeriksaan fisik normal, dan tidak ada perdarahan pervagina.

Bedasarkan kasus diatas, jawablah pertanyaan berikut!

1. Jelaskan apa yang dimaksud menstruasi!
2. Jelaskan gangguan menstruasi yang terjadi kasus tersebut!
3. Jelaskan siklus mentruasi yang normal pada usia tersebut!
4. Jelaskan penyebab gangguan menstruasi yang dialami Siska!
5. Jelaskan tahapan fase siklus mentruasi yang normal!

Kunci Jawaban Soal

1. d) Ruptur folikel dan pelepasan oosit
2. b) Korpus luteum akan menjadi korpus albikan
3. c) Gastrula
4. b) Embrio yang terdiri dari 16-32 sel yang berukuran sama
5. c) Trofoblast
6. a) Minggu ke-8

7. a) 10 cm
8. c) 15%
9. d) Memfasilitasi pertukaran nutrisi dan gas antara ibu dan janin
10. e) Vili korionik berkembang dan membentuk kotiledon pada desidua

I. Rangkuman Materi

Menstruasi adalah proses luruhnya lapisan dinding rahim (endometrium) yang terjadi secara berkala dari menarche hingga menopause, kecuali saat hamil. Siklus menstruasi normal berkisar antara 24 hingga 38 hari dengan rata-rata 28 hari, dan durasi perdarahan tidak lebih dari 8 hari. Volume darah yang hilang rata-rata 33,2 ml. Fase siklus menstruasi mencakup dari siklus ovarium dan endometrium. Siklus ovarium terdapat tiga fase, pertama fase folikuler yang dimulai dengan hari pertama menstruasi dan berakhir dengan ovulasi. Selama fase folikuler ini, folikel ovarium tumbuh dan estrogen meningkat. Fase kedua ovulasi, terjadi sekitar 14 hari setelah fase folikuler ditandai lonjakan hormon LH menyebabkan folikel pecah dan mengeluarkan sel telur. Ketiga, fase luteum dimana setelah ovulasi folikel berubah menjadi korpus luteum yang menghasilkan progesteron untuk mempersiapkan endometrium bagi implantasi embrio. Pada siklus endometrium terdapat dua fase, yaitu yang pertama fase proliferative, endometrium berkembang di bawah pengaruh estrogen untuk mempersiapkan kehamilan. Kedua, fase sekresi segera setelah ovulasi, progesteron mempersiapkan endometrium untuk implantasi embrio. Jika tidak terjadi pembuahan, hormon menurun, menyebabkan menstruasi.

Embriologi adalah studi tentang perkembangan organisme dari satu sel (sel telur yang dibuahi) menjadi organisme yang lengkap, khususnya selama periode kehamilan. Pada manusia, embriologi merujuk pada perkembangan dari pembuahan hingga janin yang siap lahir. Dalam embrilogi manusia terdapat tiga periode, pertama periode sel telur dari fertilisasi hingga akhir minggu ketiga, periode embrio dari minggu keempat hingga kedelapan, dan periode fetal dari bulan ketiga hingga kelahiran. Tahapan embryogenesis manusia terdiri dari:

1. Gametogenesis

Gametogenesis terdiri dari oogenesis (produksi sel telur) dan spermatogenesis (produksi sperma) yang menghasilkan gamet haploid. Proses ini melibatkan meiosis, di mana jumlah kromosom berkurang menjadi setengahnya.

2. Fertilisasi

Fertilisasi adalah proses penyatuhan antara gamet jantan (sperma) dan gamet betina (sel telur). Proses ini terjadi di tuba falopi.

3. Pembelahan (Cleavage)

Setelah pembuahan, zigot mulai membelah secara mitosis yang cepat dalam proses yang disebut cleavage. Pada tahap ini, zigot tetap berukuran kecil meskipun jumlah selnya bertambah.

4. Gastrulasi

Pada minggu ketiga, sel-sel dalam embrioblas membentuk tiga lapisan germinal, yaitu ectoderm, mesoderm, dan endoderem.

5. Pembentukan Rencana Tubuh

Pada tahap ini, embrio mulai mengalami morfogenesis, yaitu pembentukan bentuk tubuh. Embrio yang tadinya berbentuk cakram datar mulai melipat menjadi bentuk yang lebih mirip tubuh tiga dimensi.

6. Organogenesis

Pada tahap ini, organ-organ utama mulai terbentuk dan berkembang. Meskipun proses ini mencakup pembentukan tabung saraf, sistem kardiovaskular, dan organ lainnya yang mulai berfungsi untuk persiapan kehidupan setelah kelahiran.

Periode masa janin dimulai pada minggu ke-9 hingga kelahiran. Pada periode ini, sebagian besar sistem organ telah berkembang, tetapi pematangan organ terus berlanjut. Panjang dan berat janin meningkat pesat, terutama pada bulan ketiga hingga kelima untuk panjang dan dua bulan terakhir kehamilan untuk berat badan. Pada bulan ketiga, wajah janin mulai menyerupai manusia, dan anggota tubuhnya berkembang. Pada bulan keempat dan kelima, janin tumbuh lebih cepat, dengan gerakan tubuh yang terkoordinasi. Pada bulan keenam, kulit janin keriput dan berwarna kemerahan. Pada bulan terakhir, janin memperoleh lapisan lemak subkutan dan berat badan meningkat pesat. Pada akhir bulan kesembilan, janin siap dilahirkan dengan ciri seksual yang terlihat.

Plasenta berkembang untuk memfasilitasi pertukaran nutrisi dan gas antara ibu dan janin. Setelah fertilisasi, trofoblas berkembang menjadi bagian luar plasenta dan membantu dalam implantasi. Pada minggu-minggu awal, trofoblas berdiferensiasi menjadi vili korionik yang berfungsi mengangkut oksigen dan nutrisi. Seiring berkembangnya plasenta, arteri endometrium menyediakan aliran darah ke ruang intervili, yang terus berkembang hingga mencapai kompartemen yang lebih banyak. Pada minggu ke-20, membran plasenta terdiri dari tiga lapisan tipis, dan pada saat ini, pertukaran materi antara ibu dan janin menjadi lebih efisien.

J. Glosarium

Amenorea: Kondisi tidak adanya menstruasi.

Blastokista: Tahap setelah morula, di mana rongga terbentuk dalam embrio dan memulai proses implantasi di dinding rahim.

Cleavage: Pembelahan sel yang terjadi setelah fertilisasi, menghasilkan sel-sel anak yang lebih kecil (blastomer).

Crown-Heel Length (CHL): Pengukuran panjang janin dari puncak tengkorak hingga tumit. Digunakan untuk mengukur panjang janin pada trimester kedua dan ketiga.

Crown-Rump Length (CRL): Pengukuran panjang janin dari ujung kepala hingga ujung bokong. Digunakan untuk mengukur panjang tubuh janin selama periode awal kehamilan.

Desidua Basalis: Bagian endometrium yang berada di bawah kantung korionik dan menjadi bagian dari plasenta yang berhubungan langsung dengan janin.

Desidua Capsularis: Bagian endometrium yang melapisi kantung korionik di sisi lainnya dan akan menyatu dengan desidua parietalis.

Desidua Parietalis: Bagian dari endometrium yang membentuk dinding uterus yang akan menyatu dengan desidua capsularis, memisahkan ruang janin dari ruang ibu.

Desidua Parietalis: Lapisan endometrium yang membatasi rongga uterus dan akan menyatu dengan desidua capsularis.

Dismenorea: Nyeri atau kram yang parah selama menstruasi, sering disertai dengan gejala seperti sakit punggung, mual, sakit kepala, dan gangguan pencernaan.

Ektoderm: Lapisan germinal yang membentuk sistem saraf, kulit, dan rambut.

Embrio: Tahap awal perkembangan hasil konsepsi setelah fertilisasi hingga akhir minggu ke-8 kehamilan.

Embrioblas: Sel bagian dalam blastokista yang akan membentuk sebagian besar jaringan tubuh.

Embriologi: Studi yang mempelajari proses perkembangan organisme dari satu sel menjadi bayi selama 9 bulan, termasuk faktor molekuler, seluler, dan struktural yang terlibat.

Endoderm: Lapisan germinal yang membentuk sistem pencernaan, hati, dan paru-paru.

Eritropoiesis: Proses pembentukan sel darah merah. Pada janin, ini terjadi pertama kali di hati, kemudian berpindah ke limpa dan sumsum tulang.

Fertilisasi: Proses penyatuhan sel telur dan sperma untuk membentuk zigot.

Gametogenesis: Proses pembentukan gamet (oogenesis untuk sel telur dan spermatogenesis untuk sperma) dari sel germinal primordial melalui meiosis.

Gastrulasi: Proses pembentukan tiga lapisan germinal (ektoderm, mesoderm, dan endoderm) yang merupakan dasar dari pembentukan organ.

Hipermenorea: Perdarahan menstruasi yang berlangsung lebih dari 8 hari dengan jumlah darah lebih banyak dari 80 ml.

Hipomenorea: Perdarahan menstruasi yang lebih sedikit dari biasanya (kurang dari 40 ml per siklus) dengan durasi lebih pendek (1-2 hari).

Hypomenorrhea: Kehilangan darah yang kurang dari 5 ml per siklus.

Kapasitasi: Proses pematangan sperma dalam saluran genital wanita yang memungkinkan sperma untuk membuahi sel telur.

Korion: Membran yang mengelilingi embrio dan bagian luar kantung janin, yang berfungsi dalam pertukaran gas dan nutrisi.

Korpus Luteum: Struktur yang terbentuk setelah pelepasan sel telur dari ovarium dan berfungsi untuk memproduksi progesteron pada fase luteal.

Lanugo: Rambut halus yang menutupi tubuh janin pada trimester kedua dan ketiga.

Meiosis: Pembelahan sel yang menghasilkan sel dengan setengah jumlah kromosom, penting dalam pembentukan gamet.

Menarche: Menstruasi pertama kali yang terjadi pada masa pubertas seorang wanita.

Menopause: Perhentian menstruasi secara permanen yang terjadi pada wanita, biasanya di usia 45-55 tahun.

Menorrhagia: Kehilangan darah lebih dari 80 ml per siklus atau penggantian pembalut lebih dari 6 kali sehari.

Menstruasi: Proses luruhnya lapisan dinding rahim (endometrium) yang mengandung pembuluh darah, terjadi secara berulang setiap bulan dalam siklus hidup wanita, dari menarche hingga menopause, kecuali jika terjadi kehamilan.

Mesoderm: Lapisan germinal yang membentuk otot, tulang, dan sistem peredaran darah.

Morfogenesis: Proses pembentukan bentuk tubuh yang melibatkan pelipatan embrio.

Morula: Tahap perkembangan embrio yang terdiri dari 16 hingga 32 sel yang tidak bertambah besar.

Oligomenorea: Siklus menstruasi yang lebih panjang dari 35 hari.

Organogenesis: Tahap dalam embriogenesis di mana dasar-dasar organ berkembang dan berbeda menjadi organ dan sistem organ.

Ovulasi: Proses keluarnya sel telur (oosit) dari folikel de Graaf, biasanya terjadi pada hari ke-14 dari siklus menstruasi, ditandai dengan lonjakan hormon LH.

Polimenorea: Siklus menstruasi yang lebih pendek dari 21 hari.

Septa Plasenta: Dinding pemisah yang membagi ruang janin pada plasenta menjadi kotiledon, yang mengandung vili dan cabang-cabang vili.

Sinsitiotrofoblas: Lapisan trofoblas luar yang tidak memiliki batas sel yang jelas dan berfungsi dalam transportasi nutrisi dan oksigen.

Sitotrofoblas: Lapisan trofoblas dalam yang dapat melakukan mitosis dan membentuk batas sel yang jelas.

Trofoblas Ekstravili: Trofoblas yang berkembang di luar vili korionik dan menginvasi pembuluh darah ibu, membantu membentuk plasenta.

Trofoblas Endovaskular: Jenis trofoblas ekstravili yang menembus pembuluh darah ibu, membantu membentuk arteri spiral di plasenta.

Trofoblas Interstisial: Jenis trofoblas ekstravili yang menginvasi desidua dan miometrium, berfungsi membentuk jaringan plasenta dan pembuluh darah ibu.

Trofoblas: Sel pada bagian luar blastokista yang mulai menembus endometrium untuk memulai proses implantasi.

Trofoblas: Sel-sel luar blastokista yang berkembang menjadi bagian dari plasenta. Terdiri dari sitotrofoblas dan sinsitiotrofoblas.

Vernix Caseosa: Lapisan lemak putih yang melapisi kulit janin pada akhir kehamilan, berfungsi melindungi kulit janin dari cairan amnion.

Vili Korionik: Struktur kecil yang menyebar di seluruh kantung korionik dan berfungsi untuk pertukaran gas dan nutrisi antara ibu dan janin.

Vili Korionik: Struktur seperti rambut yang tumbuh di korion dan berfungsi untuk pertukaran gas dan nutrisi antara janin dan ibu.

Vili: Struktur kecil berbentuk rambut yang berkembang di korion untuk memperbesar permukaan pertukaran antara darah ibu dan janin.

Zona Pelusida: Lapisan glikoprotein yang mengelilingi sel telur dan mengatur interaksi dengan sperma.

K. Daftar Pustaka

Adam, M. (2021). Human Embryonic Improvement. *Cell & Developmental Biology*, 10, 9296. <https://doi.org/10.4172/2168-9296>.

Börner, G. V., Hochwagen, A., & MacQueen, A. J. (2023). Meiosis in budding yeast. *Genetics*, 225(2), 1–33. <https://doi.org/10.1093/genetics/iyad125>.

Carlsson, B. M. (2019). *Human Embryology & Developmental Biology* (Sixth Edit). Elsevier Ltd.

- Cunningham, F. G., Leveno, K. J., Bloom, S. L., Dashe, J. S., Hoffman, B. L., Casey, B. M., & Spong, C. Y. (2018). Williams Obstetrics. In Sustainability (Switzerland) (25Th Editi, Vol. 11, Issue 1). Mc Graw Hill Education.
- Farini, D., & De Felici, M. (2022). The Beginning of Meiosis in Mammalian Female Germ Cells: A Never-Ending Story of Intrinsic and Extrinsic Factors. International Journal of Molecular Sciences, 23(20). <https://doi.org/10.3390/ijms232012571>.
- Huang, Y., & Roig, I. (2023). Genetic control of meiosis surveillance mechanisms in mammals. Frontiers in Cell and Developmental Biology, 11(February), 1–22. <https://doi.org/10.3389/fcell.2023.1127440>.
- Ilham, M. A., Islamy, N., Hamidi, S., & Sari, R. D. P. (2023). Gangguan Siklus Menstruasi Pada Remaja : Literature Review. Jurnal Penelitian Perawat Profesional, 5(1), 185–192.
- Kana, Y. N. R., Sholihin, R. M., Pitaloka, C. P., Zuhkrina, Y., Qurniyawati, E., Suriana, Sembiring, S. M. B., Fauziah, N., Martina, Pinem, L. H., Pipin, A., Simamora, E., Melanie, R., Pati, D. U., & Noor, Y. E. I. (2024). Dasar Kesehatan Reproduksi (M. R. Kurnia (ed.)). Sada Kurnia Pustaka.
- Kurzbauer, M. T., Janisiw, M. P., Paulin, L. F., Mota, I. P., Tomanov, K., Krsicka, O., Von Haeseler, A., Schubert, V., & Schlogelhofer, P. (2021). ATM controls meiotic DNA double-strand break formation and recombination and affects synaptonemal complex organization in plants. Plant Cell, 33(5), 1633–1656. <https://doi.org/10.1093/plcell/koab045>.
- Maddern, J. (2022). Female Reproductive Endocrinology. In MSD MANUALS (pp. 1–14).
- Mafruchati, M. (2023). Proses Perkembangan Embriologi sebagai Dasar Kajian Penelitian pada Embriologi Veteriner. In Zifatama Jawara. Zifatama Jawara. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>.
- Nixon, B., & Bromfield, E. G. (2018). Sperm capacitation. In Encyclopedia of Reproduction (Second Edi, Vol. 3). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.64464-1>.

- Pratiwi, A. M., Maliza, R., Rita, R. S., Mubarak, F., Wahyuni, E., Sari, A. I., Novitasari, M., Inggas, M. A. M., Pratiwi, Y., Ariani, F., Hafizah, Novelyn, S., Prihatin, E. S. W. D., & Putri, F. (2024). Biologi Dasar Reproduksi dan Perkembangan (A. Zainuddin & S. Yusran (eds.)). Eureka Media Aksara.
- Rajput, H., & Rajput, T. (2024). Development of Fetus. Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education (IJARIE), 10(2), 1–15.
- Sadler, T. W. (2024). Langman's Medical Embryology (Fifteenth). Wolters Kluwer.
- Sato, M., Kakui, Y., & Toya, M. (2021). Tell the Difference Between Mitosis and Meiosis: Interplay Between Chromosomes, Cytoskeleton, and Cell Cycle Regulation. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9(April), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.660322>.
- Schmalenberger, K. M., Tauseef, H. A., Barone, J. C., Owens, S. A., Lieberman, L., Jarczok, M. N., Girdler, S. S., Kiesner, J., Ditzen, B., & Eisenlohr-Moul, T. A. (2021). How to study the menstrual cycle: Practical tools and recommendations. *Psychoneuroendocrinology*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2020.104895>.
- Schoenwolf, G. C., Bleyl, S. B., Brauer, P. R., & Francis-West, P. H. (2021). Larsen's Human Embryology (Sixth Edit). Elsevier Ltd.
- Strauss, J. F., Barbieri, R., Dokras, A., Williams, C. J., & Williams, Z. (2024). Yen E Joffe's Reproductive Endocrinology - Physiology Pathophysiology, and Clinical Management (Ninth Edit). Elsevier Inc.
- Taylor, H. S., Pal, L., & Seli, E. (2020). Speroff's Clinical Gynecologic Endocrinology and Infertility (Ninth Edit). Wolters Kluwer Health.
- Thiyagarajan, D. K., Basit, H., & Jeanmonod, R. (2024). Physiology , Menstrual Cycle. StatPearls Publishing.
- Torchia, M. G., & Persaud, T. V. N. (2021). Concise Clinical Embryology. Elsevier Ltd.
- Villasari, A. (2021). Fisiologi Menstruasi. In Strada Press.
- Wassmann, K. (2022). Separase Control and Cohesin Cleavage in Oocytes: Should I Stay or Should I Go? *Cells*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/cells11213399>

BAB 3

ADAPTASI JANIN DI EKSTRA UTERINE

Tujuan Instruksional

Setelah mempelajari materi ini, peserta diharapkan mampu:

1. Memahami konsep adaptasi janin di ekstra uterine.
2. Memahami Penertian adaptasi janin di ekstra uterine.
3. Mengidentifikasi Perubahan fisioloiss yang dihadapi janin dalam adaptasi di ekstra uterine.
4. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi dalam adaptasi janin di ekstra uterine.
5. Mengetahui perkembangan teknologi dan penelitian terkini terkait adaptasi janin di ekstra uterine

Capaian Pembelajaran

Setelah menyelesaikan topik ini, mahasiswa mampu:

1. Memahami konsep adaptasi janin di ekstra uterin.
2. Menjelaskan perubahan-perubahan fisiologis yang terjadi pada bayi baru lahir saat beradaptasi dengan kehidupan di luar rahim.
3. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi adaptasi janin di ekstra uterin.
4. Menerapkan pengetahuan tentang adaptasi janin di ekstra uterin dalam memberikan asuhan kebidanan pada bayi baru lahir.

Pendahuluan

Pada Ibu hamil dimana kehamilan merupakan proses yang kompleks dan melibatkan perubahan fisiologis yang signifikan pada ibu dan janin. Selama dalam kandungan, janin sepenuhnya bergantung pada ibu untuk memenuhi kebutuhan nutrisi, oksigen, dan perlindungan. Saat Bayi lahir ia mengalami transisi besar dari lingkungan terlindungi didalam lahir (intra uterin) menuju dunia luar yang penuh tantangan (ekstra uterin). Dimana proses adaptasi ini sangat krusial bagi kehidupan bayi. Jika bayi dilahirkan sebelum waktunya. Dalam situasi ini, adaptasi janin di ekstra uterine menjadi tantangan besar sehingga bayi harus beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan-perubahan signifikan diekstra uterin.

Uraian Materi

A. Pengertian Adaptasi Janin di Ekstra Uterine

Adaptasi adalah kemampuan mahluk hidup untuk menyesuaikan diri dengan lingkungannya agar dapat bertahan hidup. Adaptasi ini melibatkan perubahan fisik, perilaku, atau fisiologis yang diwariskan dari generasi ke generasi.

Adaptasi janin di ekstra uterin adalah serangkaian perubahan kompleks yang terjadi pada bayi baru lahir saat mereka bertransisi dari lingkungan intrauterin (di dalam rahim) ke lingkungan ekstrauterin (di luar rahim). Proses ini melibatkan penyesuaian fisiologis yang kursial.

B. Perubahan fisiologis Adaptasi Janin di Ekstra Uterine

1. Pernafasan

Dari cairan ke udara disaat dalam rahim, bayi mendapatkan oksigen melalui plasenta. Setelah lahir, paru-paru harus mengembang untuk menarik udara pertama kali. Paru-paru janin yang belum matang dapat menyebabkan sindrom gawat pernapasan (RDS), yang ditandai dengan kesulitan bernapas dan kekurangan oksigen.

Oksigen janin sebelum lahir adalah dari plasenta, pernapasan pertama pada bayi selama 30 menit pertama sesudah lahir. Respirasi pada ayi biasanya pernafasan diafragmatik dan abdominal.

2. Kardiovaskular

Dalam sistem kardiovaskuler Aliran darah dari plasenta terhenti pada saat tali pusat diklem dan digunting. Ketika bayi setelah lahir, darah bayi harus melewati paru untuk mengambil oksigen. Sirkulasi melalui tubuh mengantar O₂ ke jaringan.

Ada 2 perubahan besar:

- a. Penutupan foramen ovale pd atrium jantung
- b. Penutupan duktus arteriosus antara arteri paru & aorta

Sirkulasi jantung darah dari vena cava inferior masuk ke atrium kanan dan sebagian besar darah dari atrium kanan akan dialirkan ke atrium kiri melalui foramen ovale. Sebagian kecil darah dari atrium kanan masuk ke ventrikel kanan bersama-sama dengan darah yang berasal dari vena cava superior. Darah dari ventrikel kanan ini dipompa ke paru-paru melalui arteri pulmonalis, karena adanya tahanan dari paru-paru yang belum mengembang maka darah yang terdapat pada arteri pulmonalis sebagian akan dialirkan ke aorta melalui duktus arteriosus bovali dan sebagian kecil akan menuju paru-paru dan selanjutnya ke

atrium sinistra melaui vena pulmonalis. Sementara itu darah yang terdapat pada atrium kiri kemudian dialirkan ke ventrikel kiri dan diteruskan ke seluruh tubuh melaui aorta

3. Termoregulasi

Setelah bayi lahir Janin sulit mempertahankan suhu tubuh yang stabil karena kurangnya lemak tubuh dan kontrol suhu yang belum sempurna. Oeh karena itu bayi harus mampu mengatur suhu tubuhnya sendiri, karena tidak lagi mendapat panas dari tubuh ibu.

Ada 4 Cara BBL Kehilangan Panas yaitu:

- a. Evaporasi adalah jalan utama bayi kehilangan panas. Ini terjadi karena penguapan cairan ketuban pada permukaan tubuh oleh panas tubuh bayi sendiri karena setelah lahir tubuh bayi tidak segera dikeringkan. Bayi yang terlalu cepat dimandikan dan tubuhnya tidak segera dikeringkan dan diselimuti juga dapat mengalami kehilangan panas.
- b. Konduksi : kontak langsung antara tubuh bayi dengan permukaan yang dingin. Contoh: bayi yang diletakkan pada meja, tempat tidur dan timbangan yang temperaturnya lebih rendah dari tubuh bayi dan stetoskop dingin utk memeriksa BBL
- c. Konveksi : bayi terpapar udara sekitar yang lebih dingin. Contoh : bayi yang ditempatkan dalam ruangan ber-AC, ada aliran udara dari kipas angin atau hembusan udara melalui ventilasi.
- d. Radiasi : bayi ditempatkan dekat benda-benda yang bersuhu lebih rendah dari suhu tubuh bayi. Misalnya bayi diletakkan dekat tembok dan benda-benda terbuat dari stainless.

4. Pencernaan

Sistem pencernaan janin yang belum matang dapat menyebabkan masalah penyerapan nutrisi dan gangguan pencernaan. Sebelum lahir janin cukup bulan akan mulai menghisap dan menelan. Repleks gumoh & batuk yg matang sudah terbentuk saat bayi lahir . Kemampuan mencerna selain susu terbatas karena hubungan antara esopagus bawah dan lambung belum sempurna. Untuk Kapasitas lambung bayi baru lahir adalah 30 cc.

5. Kekebalan Tubuh

Sistem kekebalan tubuh janin yang belum matang membuatnya lebih rentan terhadap infeksi. Sistem imunitas bai baru lahir masih belum matang dan rrentan terhadap infeksi dan alergi.

Contoh kekebalan alami :

- a. Perlindungan oleh kulit membran mukosa
- b. Fungsi saringan saluran nafas

- c. Pembentukan koloni mikroba oleh kulit & usus
- d. Perlindungan kimia oleh lingkungan asam lambung

C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adaptasi Janin di Ekstra Uterine

Adaptasi janin di ekstra uterine dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain:

1. **Usia Kehamilan:** Semakin muda usia kehamilan saat lahir, semakin besar tantangan adaptasi yang dihadapi janin.
2. **Riwayat Kehamilan:** kondisi kesehatan ibu selama kehamilan dapat dipengaruhi adaptasi janin.
3. **Persalinan:** Cara persalinan, apakah normal atau caesar juga dapat mempengaruhi adaptasi.
4. **Berat Badan Lahir:** Bayi dengan berat badan lahir rendah (BBLR) memiliki risiko lebih tinggi mengalami masalah kesehatan dan kesulitan beradaptasi.
5. **Lingkungan:** suhu ruangan, kelembaban, dan stimulasi lingkungan juga berperan dalam adaptasi
6. **Kondisi Kesehatan Janin:** Janin dengan masalah kesehatan bawaan atau komplikasi lain memiliki tantangan adaptasi yang lebih besar.
7. **Kualitas Perawatan Neonatal:** Perawatan neonatal yang baik, termasuk dukungan pernafasan, nutrisi, dan pengendalian infeksi, sangat penting untuk keberhasilan adaptasi janin.

D. Perkembangan Teknologi dan Penelitian Terkini

Perkembangan teknologi dan penelitian di bidang neonatologi telah meningkatkan janin bertahan hidup dan kualitas hidup bayi prematur. Beberapa inovasi penting meliputi:

1. **Ventilator:** Alat bantu pernafasan yang membantu bayi dengan masalah pernafasan.
2. **Inkubator:** Lingkungan terkontrol yang membantu bayi mempertahankan suhu tubuh yang stabil.

E. Latihan Soal

1. Adaptasi utama yang harus dilakukan bayi baru lahir saat berada di lingkungan ekstra uterin adalah...
 - A. Mulai bernapas
 - B. Mulai menyusu
 - C. Mulai mengatur suhu tubuh
 - D. Mulai berinteraksi dengan lingkungan

- E. Mulai mencerna makanan
2. Perubahan sirkulasi darah yang terjadi pada bayi baru lahir setelah tali pusat dipotong adalah...
- Darah tidak lagi melalui plasenta
 - Darah mulai mengalir ke paru-paru
 - Darah mulai mengalir ke seluruh tubuh
 - D. A, B, dan C benar
 - Semua salah
3. Mengapa bayi baru lahir rentan terhadap kehilangan panas?
- Karena kulitnya tipis
 - Karena lemak tubuhnya sedikit
 - Karena luas permukaan tubuhnya besar
 - Karena kemampuan mengatur suhu tubuhnya belum sempurna
 - Semua jawaban benar
4. Refleks yang membantu bayi baru lahir menemukan puting susu ibu adalah...
- Refleks Moro
 - Refleks Babinski
 - Refleks menghisap
 - Refleks menggenggam
 - Refleks berjalan
5. Sistem organ yang paling terakhir berkembang pada janin adalah...
- Sistem pernapasan
 - Sistem pencernaan
 - Sistem saraf
 - Sistem kekebalan tubuh
 - Sistem reproduksi

Kunci Jawaban

- A
- D
- E
- C
- D

F. Rangkuman Materi

Adaptasi janin di ekstra uterine adalah proses kompleks yang melibatkan berbagai perubahan fisiologis pada janin setelah dilahirkan. Tantangan utama dalam adaptasi ini meliputi masalah pernapasan, kardiovaskular, termoregulasi, pencernaan, dan kekebalan tubuh. Keberhasilan adaptasi dipengaruhi oleh usia kehamilan, berat badan lahir, kondisi kesehatan janin, dan kualitas perawatan neonatal. Perkembangan teknologi dan penelitian terus meningkatkan шансы bertahan hidup dan kualitas hidup bayi prematur.

G. Glosarium

Adaptasi: Kemampuan makhluk hidup untuk menyesuaikan diri dengan lingkungannya agar dapat bertahan hidup.

Intrauterin: Lingkungan di dalam rahim.

Ekstrauterin: Lingkungan di luar rahim.

Sindrom Gawat Pernapasan (RDS): Kondisi yang ditandai dengan kesulitan bernapas dan kekurangan oksigen pada bayi baru lahir, biasanya disebabkan oleh paru-paru yang belum matang.

Foramen Ovale: Lubang antara atrium kanan dan atrium kiri pada jantung janin yang menutup setelah lahir.

Duktus Arteriosus: Saluran antara arteri paru dan aorta pada janin yang menutup setelah lahir.

Termoregulasi: Kemampuan tubuh untuk mengatur suhu tubuh.

Evaporasi: Proses penguapan cairan dari permukaan tubuh yang menyebabkan kehilangan panas.

Konduksi: Kehilangan panas melalui kontak langsung dengan permukaan yang lebih dingin.

Konveksi: Kehilangan panas melalui paparan udara yang lebih dingin.

Radiasi: Kehilangan panas melalui pancaran panas ke benda-benda yang lebih dingin.

Usia Kehamilan: Usia janin dalam kandungan, dihitung dari hari pertama menstruasi terakhir ibu.

Berat Badan Lahir Rendah (BBLR): Bayi yang lahir dengan berat badan kurang dari 2500 gram.

Ventilator: Alat bantu pernapasan untuk bayi dengan masalah pernapasan.

Inkubator: Lingkungan terkontrol yang membantu bayi mempertahankan suhu tubuh yang stabil.

Neonatologi: Cabang kedokteran yang menangani bayi baru lahir.

Prematur: Bayi yang lahir sebelum usia kehamilan 37 minggu.

H. Daftar Pustaka

- Dara. (2020, 6 4). *Course Hero*. Retrieved from Makalah Adaptasi Janin ekstra uterine:
<https://www.coursehero.com/file/58943668/MAKALAH-ADAPTASI-JANIN-DI-EKTRA-UTERINdocx/>
- Sarwati, W., Wuna, W., & Sukmawati, S. (2024). PENGARUH UMUR TERHADAPKEJADIAN KEHAMILAN EKTOPIK TERGANGGU DI RUMAH SAKIT UMUM BAHTERAMAS PROVINSI SULAWESI TENGGARA. *Pelita Harapan Sains Kesehatan*, 4(1), 55-59.
- Sintia. (2019). ADAPTASI FISIOLOGI FETUS DARI INTRAUTERINE .
- Tanto. (2019). perubahan fisiologis bayi baru lahir dari kehidupan . *academia.edu*.

BAB 4

FERTILITAS DAN INFERTILITAS: TINJAUAN KOMPREHENSIF

Tujuan Instruksional

Setelah mempelajari materi ini, peserta diharapkan mampu:

1. Memahami definisi fertilitas dan infertilitas.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi fertilitas pada pria dan wanita.
3. Menjelaskan penyebab umum infertilitas pada pria dan wanita.
4. Mengetahui berbagai metode diagnosis dan penanganan infertilitas.

Capaian Pembelajaran

Setelah menyelesaikan topik ini, mahasiswa mampu:

1. Memahami konsep fertilitas dan infertilitas.
2. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi fertilitas dan infertilitas.
3. Mengidentifikasi penyebab infertilitas pada pria dan wanita.
4. Menjelaskan berbagai metode diagnosis dan penanganan infertilitas.
5. Menerapkan pengetahuan tentang fertilitas dan infertilitas dalam memberikan asuhan kebidanan pada pasangan yang mengalami masalah fertilitas.

Pendahuluan

Fertilitas, atau kesuburan, adalah kemampuan alami manusia untuk menghasilkan keturunan. Fertilitas merupakan aspek penting dalam kehidupan individu, keluarga, dan masyarakat. Namun, tidak semua pasangan dapat dengan mudah mencapai kehamilan. Infertilitas, atau ketidaksuburan, adalah masalah yang dihadapi oleh banyak pasangan di seluruh dunia. Infertilitas dapat menimbulkan stres emosional, masalah hubungan, dan bahkan depresi. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang fertilitas dan infertilitas sangat penting untuk membantu pasangan yang mengalami masalah ini.

Uraian Materi

A. Definisi Fertilitas dan Infertilitas

- Fertilitas (Kesuburan):** Fertilitas adalah kemampuan seorang individu atau pasangan untuk mencapai kehamilan dan melahirkan bayi hidup. Fertilitas dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik pada pria maupun wanita.
- Infertilitas (Ketidaksuburan):** Infertilitas adalah ketidakmampuan pasangan untuk mencapai kehamilan setelah 12 bulan berhubungan seksual tanpa menggunakan kontrasepsi. Infertilitas dapat disebabkan oleh masalah pada pria, wanita, atau keduanya.

B. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Fertilitas

1. Faktor pada Wanita:

- Usia: Kesuburan wanita mencapai puncaknya pada usia 20-an dan mulai menurun setelah usia 30-an.
- Kesehatan Umum: Kondisi kesehatan seperti berat badan, nutrisi, dan gaya hidup (merokok, alkohol, dll.) mempengaruhi kesuburan.
- Gangguan Hormonal: Ketidakseimbangan hormon dapat mengganggu ovulasi dan kehamilan.
- Masalah Reproduksi: Kondisi seperti endometriosis, PCOS, atau masalah pada tuba falopi dapat menyebabkan infertilitas.

2. Faktor pada Pria:

- Kualitas Sperma: Jumlah, motilitas (pergerakan), dan morfologi (bentuk) sperma mempengaruhi kesuburan pria.
- Kesehatan Umum: Kondisi kesehatan seperti diabetes, infeksi, atau masalah pada organ reproduksi dapat mempengaruhi kesuburan pria.
- Gaya Hidup: Merokok, alkohol, dan penggunaan obat-obatan terlarang dapat menurunkan kualitas sperma.

C. Penyebab Infertilitas

1. Penyebab pada Wanita:

- Gangguan Ovulasi: Masalah pada pelepasan sel telur.
- Kerusakan Tuba Falopi: Penyumbatan atau kerusakan pada saluran yang menghubungkan ovarium dengan rahim.
- Endometriosis: Pertumbuhan jaringan rahim di luar rahim.
- Masalah Rahim: Fibroid, polip, atau kelainan bentuk rahim.

2. Penyebab pada Pria:

- a. Jumlah Sperma Rendah: Jumlah sperma kurang dari normal.
- b. Motilitas Sperma Rendah: Sperma tidak bergerak dengan baik.
- c. Morfologi Sperma Abnormal: Bentuk sperma tidak normal.
- d. Masalah Ejakulasi: Ejakulasi dini atau ejakulasi retrograde.

D. Diagnosis dan Penanganan Infertilitas

Diagnosis infertilitas melibatkan serangkaian pemeriksaan pada pria dan wanita. Pada wanita, pemeriksaan meliputi pemeriksaan fisik, USG panggul, tes hormon, dan histerosalpingografi (HSG). Pada pria, pemeriksaan meliputi analisis sperma, pemeriksaan fisik, dan tes hormon.

Pilihan penanganan infertilitas tergantung pada penyebab dan kondisi pasangan. Beberapa pilihan penanganan meliputi:

1. **Perubahan Gaya Hidup:** Perubahan pola makan, olahraga teratur, dan berhenti merokok atau minum alkohol.
2. **Obat-obatan:** Obat-obatan untuk merangsang ovulasi atau meningkatkan kualitas sperma.
3. **Prosedur Medis:** Inseminasi buatan (IUI) atau fertilisasi in vitro (IVF).
4. **Terapi Alternatif:** Beberapa pasangan memilih terapi alternatif seperti akupunktur atau herbal, meskipun efektivitasnya belum terbukti secara ilmiah.

E. Latihan Soal

1. Fertilitas adalah...
 - A. Kemampuan seorang wanita untuk mengandung dan melahirkan anak
 - B. Ketidakmampuan pasangan untuk mencapai kehamilan setelah 12 bulan berhubungan seksual tanpa kontrasepsi.
 - C. Proses pembuahan sel telur oleh sperma.
 - D. Jumlah sperma yang sehat dalam satu mililiter air mani.
 - E. Kemampuan organ reproduksi untuk berfungsi dengan normal.
2. Faktor-faktor berikut dapat mempengaruhi fertilitas, kecuali...
 - A. Usia
 - B. Gaya hidup (merokok, alkohol, dll.)
 - C. Berat badan
 - D. Stres
 - E. Golongan darah

3. Infertilitas dapat disebabkan oleh faktor pria, wanita, atau keduanya. Berikut ini adalah penyebab infertilitas pada pria, kecuali...
- A. Jumlah sperma rendah
 - B. Kualitas sperma buruk
 - C. Disfungsi ereksi
 - D. Endometriosis
 - E. Varikokel
4. Endometriosis adalah...
- A. Kondisi di mana jaringan yang mirip dengan lapisan rahim tumbuh di luar rahim.
 - B. Infeksi pada organ reproduksi wanita.
 - C. Ketidakseimbangan hormon pada wanita.
 - D. Kondisi di mana sel telur tidak dapat dibuahi.
 - E. Penyumbatan saluran tuba falopi.
5. Diagnosis infertilitas biasanya melibatkan berbagai pemeriksaan, antara lain...
- A. Analisis sperma
 - B. USG transvaginal
 - C. Histerosalpingografi (HSG)
 - D. Tes hormon
 - E. Semua jawaban benar
6. Berikut ini adalah beberapa pilihan pengobatan infertilitas, kecuali...
- A. Terapi hormon
 - B. Inseminasi buatan (IUI)
 - C. Bayi tabung (IVF)
 - D. Operasi
 - E. Akupunktur
7. Gaya hidup sehat dapat meningkatkan fertilitas. Berikut ini adalah contoh gaya hidup sehat, kecuali...
- A. Mengonsumsi makanan bergizi seimbang
 - B. Berolahraga teratur
 - C. Tidur yang cukup
 - D. Merokok
 - E. Mengelola stres

8. Stres dapat mempengaruhi fertilitas karena...
- A. Stres dapat menyebabkan ketidakseimbangan hormon.
 - B. Stres dapat menurunkan kualitas sperma.
 - C. Stres dapat mengganggu ovulasi.
 - D. Semua jawaban benar E. Tidak ada jawaban yang benar

Kunci Jawaban:

- 1. A
- 2. E
- 3. D
- 4. A
- 5. E
- 6. E
- 7. A
- 8. A

F. Rangkuman Materi

Fertilitas adalah kemampuan alami manusia untuk menghasilkan keturunan, sedangkan infertilitas adalah ketidakmampuan pasangan untuk mencapai kehamilan setelah 12 bulan berhubungan seksual tanpa kontrasepsi. Fertilitas dipengaruhi oleh berbagai faktor pada pria dan wanita, termasuk usia, kesehatan umum, gaya hidup, dan masalah reproduksi. Penyebab infertilitas juga bervariasi, mulai dari gangguan ovulasi hingga masalah sperma. Diagnosis dan penanganan infertilitas melibatkan serangkaian pemeriksaan dan pilihan terapi yang disesuaikan dengan kondisi pasangan.

G. Glosarium

Fertilitas (Kesuburan): Kemampuan seorang individu atau pasangan untuk mencapai kehamilan dan melahirkan bayi hidup.

Infertilitas (Ketidaksuburan): Ketidakmampuan pasangan untuk mencapai kehamilan setelah 12 bulan berhubungan seksual tanpa menggunakan kontrasepsi.

Usia : Faktor penting dalam fertilitas wanita. Kesuburan mencapai puncaknya pada usia 20-an dan mulai menurun setelah usia 30-an.

Kesehatan Umum: Kondisi kesehatan yang mempengaruhi kesuburan, seperti berat badan, nutrisi, dan gaya hidup (merokok, alkohol, dll.).

Gangguan Hormonal: Ketidakseimbangan hormon yang dapat mengganggu ovulasi dan kehamilan pada wanita.

Masalah Reproduksi: Kondisi seperti endometriosis, PCOS, atau masalah pada tuba falopi yang dapat menyebabkan infertilitas pada wanita.

Kualitas Sperma: Faktor penting dalam fertilitas pria. Meliputi jumlah, motilitas (pergerakan), dan morfologi (bentuk) sperma.

Gangguan Ovulasi: Masalah pada pelepasan sel telur dari ovarium pada wanita.

Kerusakan Tuba Falopi: Penyumbatan atau kerusakan pada saluran yang menghubungkan ovarium dengan rahim pada wanita.

Endometriosis: Pertumbuhan jaringan rahim di luar rahim pada wanita.

Masalah Rahim: Fibroid, polip, atau kelainan bentuk rahim pada wanita.

Jumlah Sperma Rendah: Jumlah sperma kurang dari normal pada pria.

Motilitas Sperma Rendah: Sperma tidak bergerak dengan baik pada pria.

Morfologi Sperma Abnormal: Bentuk sperma tidak normal pada pria.

Masalah Ejakulasi: Ejakulasi dini atau ejakulasi retrograde pada pria.

Diagnosis Infertilitas: Melibatkan serangkaian pemeriksaan pada pria dan wanita, seperti pemeriksaan fisik, USG panggul, tes hormon, analisis sperma, dan histerosalpingografi (HSG).

Penanganan Infertilitas: Pilihan penanganan tergantung pada penyebab dan kondisi pasangan, meliputi perubahan gaya hidup, obat-obatan, prosedur medis (IUI, IVF), dan terapi alternatif.

Perubahan Gaya Hidup: Perubahan pola makan, olahraga teratur, dan berhenti merokok atau minum alkohol sebagai penanganan infertilitas.

Obat-obatan: Obat-obatan untuk merangsang ovulasi atau meningkatkan kualitas sperma sebagai penanganan infertilitas.

Prosedur Medis: Inseminasi buatan (IUI) atau fertilisasi in vitro (IVF) sebagai penanganan infertilitas.

Terapi Alternatif: Beberapa pasangan memilih terapi alternatif seperti akupunktur atau herbal, meskipun efektivitasnya belum terbukti secara ilmiah.

H. Daftar Pustaka

- Anas, M. (2022). Infertilitas dan Imunologi Vaginitis. Surabaya: UMSurabaya.
- Hugges, I. (2021). pengaruh hormonal pada diferensiasi seksual. *Frontiers In Neuroendocrinology*.
- Kristiani, S. (2022). Asuhan Kebidanan Pada Konsepsi ada Konsepsi. *Global Eksekutif Teknologi*.
- Michael, J. (2022). *Diferensiasi Seksual*. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- Permatasari, D. (2022). Asuhan Kebidanan Pranikah dan Pra Konsep Kebidanan Pranikah dan Pra Konsepsi. *Yayasan Kita Menulis*.

BAB 5

DIFERENSIASI SEKSUAL

Tujuan Instruksional

Setelah mempelajari materi ini, peserta diharapkan mampu:

1. Memahami konsep diferensiasi seksual.
2. Menjelaskan tahapan-tahapan penting dalam diferensiasi seksual.
3. Mengidentifikasi faktor-faktor genetik, hormonal, dan lingkungan yang mempengaruhi diferensiasi seksual.
4. Mengetahui berbagai kondisi medis yang terkait dengan gangguan diferensiasi seksual.

Capaian Pembelajaran

Setelah menyelesaikan topik ini, mahasiswa mampu:

1. Memahami konsep diferensiasi seksual.
2. Menjelaskan tahapan-tahapan diferensiasi seksual.
3. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi diferensiasi seksual.
4. Menjelaskan kelainan-kelainan yang dapat terjadi pada proses diferensiasi seksual.
5. Menerapkan pengetahuan tentang diferensiasi seksual dalam memberikan asuhan kebidanan pada individu dengan kelainan diferensiasi seksual.

Pendahuluan

Diferensiasi seksual adalah proses kompleks yang mengarah pada perkembangan karakteristik fisik dan biologis yang membedakan antara jenis kelamin laki-laki dan perempuan. Proses ini dimulai sejak pembuahan dan berlanjut hingga pubertas, melibatkan interaksi yang rumit antara faktor genetik, hormonal, dan lingkungan. Pemahaman yang mendalam tentang diferensiasi seksual sangat penting dalam konteks medis, psikologis, dan sosial.

Uraian Materi

A. Konsep Diferensiasi Seksual

Diferensiasi seksual adalah proses perkembangan yang kompleks, dimulai dari penentuan jenis kelamin genetik saat pembuahan, diikuti oleh diferensiasi gonad, diferensiasi saluran reproduksi, dan diferensiasi karakteristik seks sekunder. Proses ini melibatkan interaksi yang rumit antara gen, hormon, dan lingkungan.

B. Tahapan-Tahapan Diferensiasi Seksual

1. Penentuan Jenis Kelamin Genetik: Jenis kelamin genetik ditentukan saat pembuahan oleh kombinasi kromosom seks. Individu dengan kromosom XY akan berkembang menjadi laki-laki, sedangkan individu dengan kromosom XX akan berkembang menjadi perempuan.
2. Diferensiasi Gonad: Pada tahap awal perkembangan, gonad belum terdiferensiasi. Pada individu dengan kromosom Y, gen SRY (Sex-determining Region Y) akan diaktifkan, yang mengarah pada perkembangan gonad menjadi testis. Pada individu dengan kromosom XX, tanpa adanya gen SRY, gonad akan berkembang menjadi ovarium.
3. Diferensiasi Saluran Reproduksi: Pada embrio, terdapat dua jenis saluran reproduksi, yaitu saluran Wolffian (yang akan berkembang menjadi organ reproduksi laki-laki) dan saluran Müllerian (yang akan berkembang menjadi organ reproduksi perempuan). Pada individu laki-laki, hormon testosteron yang dihasilkan oleh testis akan стимулировать perkembangan saluran Wolffian dan menghambat perkembangan saluran Müllerian. Pada individu perempuan, tanpa adanya testosteron, saluran Müllerian akan berkembang menjadi organ reproduksi perempuan, sementara saluran Wolffian akan mengalami regresi.
4. Diferensiasi Karakteristik Seks Sekunder: Pada masa pubertas, hormon seks akan memicu perkembangan karakteristik seks sekunder, seperti pertumbuhan rambut wajah pada laki-laki, perkembangan payudara pada perempuan, dan perubahan suara.

C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Diferensiasi Seksual

1. **Faktor Genetik:** Gen SRY pada kromosom Y memainkan peran kunci dalam perkembangan testis. Gen-gen lain juga terlibat dalam diferensiasi seksual, dan mutasi pada gen-gen ini dapat menyebabkan gangguan diferensiasi seksual.

- 2. Faktor Hormonal:** Hormon seks, seperti testosteron dan estrogen, memainkan peran penting dalam diferensiasi saluran reproduksi dan karakteristik seks sekunder.
- 3. Faktor Lingkungan:** Beberapa faktor lingkungan, seperti paparan terhadap bahan kimia tertentu selama kehamilan, juga dapat mempengaruhi diferensiasi seksual.

D. Gangguan Diferensiasi Seksual

Gangguan diferensiasi seksual (GDS) adalah kondisi medis yang ditandai dengan ketidaksesuaian antara jenis kelamin genetik, gonad, dan/atau karakteristik seks sekunder. GDS dapat disebabkan oleh kelainan kromosom, mutasi gen, atau faktor lingkungan. Beberapa contoh GDS meliputi sindrom Turner, sindrom Klinefelter, dan hiperplasia adrenal kongenital.

E. Latihan Soal

1. Proses diferensiasi seksual dimulai sejak...
 - A. Pubertas
 - B. Kehamilan
 - C. Pembuahan
 - D. Kelahiran
 - E. Dewasa
2. Kromosom seks pada perempuan adalah...
 - A. XY
 - B. XX
 - C. X0
 - D. YY
 - E. XY dengan translokasi
3. Gen yang berperan penting dalam menentukan jenis kelamin laki-laki adalah...
 - A. Gen SRY
 - B. Gen TDF
 - C. Gen SOX9
 - D. Gen DAX1
 - E. Gen WNT4
4. Hormon yang berperan dalam perkembangan karakteristik seks sekunder pada laki-laki adalah...

- A. Estrogen
 - B. Progesteron
 - C. Testosteron
 - D. FSH
 - E. LH
5. Struktur yang berkembang menjadi testis pada janin laki-laki adalah...
- A. Ovarium
 - B. Uterus
 - C. Tuba fallopi
 - D. Gonad
 - E. Vulva
6. Sindrom Turner terjadi pada individu dengan...
- A. Kromosom seks XY
 - B. Kromosom seks XX
 - C. Kromosom seks X0
 - D. Kromosom seks XXY
 - E. Kromosom seks XXX
7. Individu dengan sindrom Klinefelter memiliki...
- A. Kariotipe 45, X0
 - B. Kariotipe 46, XY
 - C. Kariotipe 47, XXY
 - D. Kariotipe 47, XXX
 - E. Kariotipe 48, XXYY
8. Hermaproditisme adalah kondisi di mana individu memiliki...
- A. Organ seks laki-laki dan perempuan
 - B. Organ seks yang tidak jelas
 - C. Kromosom seks yang abnormal
 - D. Hormon seks yang tidak seimbang
 - E. Semua jawaban benar
9. Perbedaan antara jenis kelamin dan gender adalah...
- A. Jenis kelamin ditentukan oleh faktor biologis, gender ditentukan oleh faktor sosial dan budaya.

- B. Jenis kelamin ditentukan oleh faktor sosial dan budaya, gender ditentukan oleh faktor biologis.
 - C. Jenis kelamin dan gender adalah istilah yang sama.
 - D. Jenis kelamin hanya berlaku pada manusia, gender berlaku pada hewan.
 - E. Tidak ada perbedaan antara jenis kelamin dan gender.
10. Faktor-faktor berikut dapat mempengaruhi diferensiasi seksual, kecuali...
- A. Genetik
 - B. Hormonal
 - C. Lingkungan
 - D. Sosial budaya
 - E. Makanan

Kunci Jawaban:

- 1. C
- 2. B
- 3. A
- 4. C
- 5. D
- 6. C
- 7. C
- 8. E
- 9. A
- 10. E

F. Rangkuman Materi

Diferensiasi seksual adalah proses kompleks yang mengarah pada perkembangan perbedaan jenis kelamin. Proses ini melibatkan tahapan-tahapan penting, termasuk penentuan jenis kelamin genetik, diferensiasi gonad, diferensiasi saluran reproduksi, dan diferensiasi karakteristik seks sekunder. Faktor genetik, hormonal, dan lingkungan mempengaruhi diferensiasi seksual. Gangguan diferensiasi seksual dapat terjadi akibat kelainan kromosom, mutasi gen, atau faktor lingkungan.

G. Glosarium

Diferensiasi Seksual: Proses perkembangan kompleks yang dimulai dari penentuan jenis kelamin genetik saat pembuahan, diikuti oleh diferensiasi gonad, diferensiasi saluran reproduksi, dan diferensiasi karakteristik seks sekunder.

Jenis Kelamin Genetik: Ditentukan saat pembuahan oleh kombinasi kromosom seks. Individu dengan kromosom XY akan berkembang menjadi laki-laki, sedangkan individu dengan kromosom XX akan berkembang menjadi perempuan.

Gonad: Kelenjar reproduksi yang pada tahap awal perkembangan belum terdiferensiasi. Pada individu dengan kromosom Y, gen SRY akan mengaktifkan perkembangan gonad menjadi testis. Pada individu dengan kromosom XX, tanpa adanya gen SRY, gonad akan berkembang menjadi ovarium.

Gen SRY: Gen (Sex-determining Region Y) pada kromosom Y yang berperan penting dalam perkembangan testis.

Saluran Wolffian: Saluran reproduksi pada embrio yang akan berkembang menjadi organ reproduksi laki-laki (misalnya epididimis, vas deferens, dan vesikula seminalis) jika ada hormon testosterone.

Saluran Mullerian: Saluran reproduksi pada embrio yang akan berkembang menjadi organ reproduksi perempuan (misalnya tuba falopi, rahim, dan bagian atas vagina) jika tidak ada hormon testosterone.

Testosteron: Hormon seks yang dihasilkan oleh testis yang berperan dalam perkembangan saluran Wolffian dan karakteristik seks sekunder laki-laki.

Estrogen: Hormon seks yang berperan dalam perkembangan karakteristik seks sekunder perempuan.

Karakteristik Seks Sekunder: Ciri-ciri fisik yang berkembang pada masa pubertas akibat pengaruh hormon seks, seperti pertumbuhan rambut wajah pada laki-laki, perkembangan payudara pada perempuan, dan perubahan suara

Gangguan Diferensiasi Seksual (GDS): Kondisi medis yang ditandai dengan ketidaksesuaian antara jenis kelamin genetik, gonad, dan/atau karakteristik seks

sekunder. Dapat disebabkan oleh kelainan kromosom, mutasi gen, atau faktor lingkungan.

Sindrom Turner: Contoh GDS yang disebabkan oleh kelainan kromosom, di mana perempuan hanya memiliki satu kromosom X (XO).

Sindrom Klinefelter: Contoh GDS yang disebabkan oleh kelainan kromosom, di mana laki-laki memiliki kromosom XXY.

Hiperplasia Adrenal Kongenital: Contoh GDS yang disebabkan oleh mutasi gen yang menyebabkan kelenjar adrenal menghasilkan terlalu banyak hormon androgen.

H. Daftar Pustaka

Michael, J. (2022). *Diferensiasi Seksual*. Yogyakarta: CV Andi Offset.

Michigan. (2020). *Sexual Differentiation*. Retrieved from Foundations Of Neuroscience:

<https://openbooks.lib.msu.edu/neuroscience/chapter/sexual-differentiation/>

Robert D., U. (2019). *Sexual Differentiation*. Retrieved from Britannica:

<https://www.britannica.com/science/sexual-differentiation>

BAB 6

ANALISIS KROMOSOM DAN SITOGENETIKA

Tujuan Intruksional:

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menganalisis konsep dasar kromosom dan struktur genetik manusia serta hubungannya dengan pewarisan sifat serta perkembangan janin dalam konteks kebidanan.
2. Mengidentifikasi dan menerapkan teknik analisis kromosom serta metode sitogenetika yang relevan dalam deteksi kelainan genetik selama kehamilan.
3. Menjelaskan berbagai kelainan kromosom yang berhubungan dengan kehamilan dan perkembangan janin serta dampaknya terhadap kesehatan ibu dan bayi.
4. Mengevaluasi aplikasi sitogenetika dalam skrining dan diagnosis prenatal untuk mendukung deteksi dini serta pengambilan keputusan klinis dalam kebidanan.
5. Mengintegrasikan implikasi klinis kelainan kromosom dalam praktik kebidanan melalui pendekatan berbasis bukti, etika, dan komunikasi efektif kepada ibu serta keluarga.

Capaian Pembelajaran:

Capaian Pembelajaran Sikap (CPL-S):

1. Menunjukkan sikap profesional dan etis dalam memahami serta menerapkan prinsip sitogenetika dalam layanan kebidanan.
2. Mampu bekerja sama dalam tim multidisiplin dalam menangani kasus kelainan kromosom yang berdampak pada kehamilan dan fertilitas.
3. Memegang teguh prinsip keselamatan ibu dan janin dalam penerapan teknologi reproduksi berbantu yang melibatkan analisis kromosom.

Capaian Pembelajaran Pengetahuan (CPL-P):

1. Memahami konsep dasar sitogenetika dan peran kromosom dalam sistem reproduksi manusia.
2. Menguasai mekanisme kelainan kromosom yang berpengaruh terhadap fertilitas dan perkembangan janin.
3. Memahami teknik pemeriksaan kromosom seperti kariotipe, FISH, dan CGH dalam diagnosis gangguan genetik dan infertilitas.

Capaian Pembelajaran Keterampilan Umum (CPL-KU):

1. Mampu menginterpretasikan hasil analisis kromosom dalam konteks kesehatan reproduksi.
2. Mampu mengomunikasikan informasi terkait kelainan kromosom kepada pasien dan tenaga kesehatan lainnya secara akurat dan etis.
3. Mampu menggunakan data hasil pemeriksaan sitogenetika sebagai dasar dalam penyusunan rencana asuhan kebidanan yang berbasis bukti.

Capaian Pembelajaran Keterampilan Khusus (CPL-KK):

1. Mampu melakukan identifikasi faktor risiko kelainan kromosom yang berpengaruh terhadap kehamilan dan persalinan.
2. Mampu memberikan edukasi kepada pasien mengenai dampak kelainan kromosom terhadap fertilitas dan perkembangan janin.
3. Mampu berperan dalam tim multidisiplin untuk membantu pasien dengan kelainan kromosom dalam memperoleh layanan kebidanan yang optimal.

Pendahuluan:

Sebagai bagian dari upaya untuk mendukung pembelajaran di bidang kebidanan, buku ini disusun dengan tujuan menjadi sumber referensi yang komprehensif bagi mahasiswa. Dengan pengalaman dalam penelitian dan pendidikan di bidang ini, kami berharap buku ini dapat membantu mahasiswa memahami peran penting kromosom dan sitogenetika dalam kesehatan ibu dan janin.

Buku ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai konsep dasar kromosom dan sitogenetika serta relevansinya dalam praktik kebidanan. Melalui pembelajaran yang sistematis, mahasiswa diharapkan mampu memahami prinsip analisis kromosom, mengidentifikasi kelainan kromosom yang berkaitan dengan kehamilan, serta mengevaluasi implikasi klinisnya dalam dunia kebidanan.

Diperuntukkan bagi mahasiswa kebidanan di jenjang diploma maupun sarjana, buku ini juga dapat menjadi referensi bagi tenaga kesehatan yang tertarik dengan genetika klinis dan kesehatan maternal. Materi dalam buku ini disusun secara bertahap untuk membantu pembaca membangun pemahaman yang kuat tentang topik yang dibahas. Secara garis besar, buku ini terdiri dari lima bab utama:

1. Konsep Dasar Kromosom dan Struktur Genetik Manusia
2. Teknik Analisis Kromosom dan Metode Sitogenetika
3. Kelainan Kromosom yang Berhubungan dengan Kehamilan dan Perkembangan Janin
4. Aplikasi Sitogenetika dalam Skrining dan Diagnosis Prenatal
5. Implikasi Klinis Kelainan Kromosom dalam Praktik Kebidanan

Untuk mempermudah pemahaman, setiap bab dilengkapi dengan ilustrasi, diagram, dan tabel guna memvisualisasikan konsep-konsep yang dibahas. Selain itu, buku ini juga menyediakan soal latihan, studi kasus, dan pertanyaan reflektif yang dirancang untuk mengasah pemikiran kritis mahasiswa serta mendorong penerapan konsep dalam skenario klinis.

Dalam penyusunannya, buku ini menerapkan pendekatan pembelajaran aktif, yang mengajak mahasiswa untuk tidak hanya membaca materi, tetapi juga berpikir kritis, berdiskusi, serta menerapkan pengetahuan yang diperoleh dalam konteks kebidanan. Agar pembaca dapat memanfaatkan buku ini secara optimal, beberapa rekomendasi berikut dapat diterapkan:

1. Membaca setiap bab secara berurutan agar pemahaman berkembang secara bertahap.
2. Mengerjakan soal latihan dan studi kasus untuk menguji pemahaman.
3. Menggunakan daftar pustaka dan sumber tambahan untuk memperdalam wawasan.
4. Berdiskusi dengan dosen atau teman sejawat jika terdapat konsep yang kurang dipahami.

Dengan memahami struktur dan metode penggunaan buku ini, kami berharap mahasiswa dapat memperoleh wawasan yang lebih luas mengenai analisis kromosom dan sitogenetika serta mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam praktik kebidanan sehari-hari.

Uraian Materi

Sitogenetika adalah cabang ilmu yang mempelajari kromosom dan perannya dalam pewarisan sifat serta gangguan genetik. Dalam biologi reproduksi, pemahaman tentang struktur, fungsi, dan kelainan kromosom sangat penting untuk menganalisis masalah infertilitas, keguguran berulang, serta kelainan kongenital pada janin. Analisis kromosom dilakukan melalui berbagai teknik seperti kariotipe, FISH, dan CGH yang membantu dalam mendeteksi kelainan genetik. Kelainan kromosom seperti aneuploidia dan translokasi dapat berdampak pada fertilitas dan keberhasilan kehamilan. Penerapan sitogenetika dalam teknologi reproduksi berbantu, seperti PGD dalam IVF, berperan dalam meningkatkan peluang kehamilan yang sehat. Oleh karena itu, pemahaman tentang sitogenetika sangat penting dalam praktik kebidanan dan kesehatan reproduksi.

A. Konsep Dasar Kromosom dan Struktur Genetik Manusia

Kromosom merupakan struktur kompleks yang terdapat di dalam inti sel eukariotik, termasuk sel manusia. Kromosom terdiri dari DNA (deoxyribonucleic acid) yang berperan dalam menyimpan informasi genetik dan protein histon yang membantu dalam pengemasan DNA agar dapat masuk ke dalam inti sel dengan efisien (Alberts et al., 2015). Pemahaman mengenai struktur dan fungsi kromosom sangat penting dalam bidang kebidanan, terutama dalam memahami pewarisan sifat, perkembangan embrio, serta berbagai kelainan genetik yang dapat memengaruhi kehamilan dan kesehatan janin (Sadler, 2020).

1. Struktur Kromosom

Pada manusia, kromosom memiliki beberapa komponen utama, yaitu:

- a. DNA: Molekul DNA berbentuk heliks ganda yang mengandung instruksi genetik untuk perkembangan, fungsi, dan reproduksi sel (Alberts et al., 2015).
- b. Protein Histon: Berfungsi sebagai tempat melilitnya DNA sehingga membentuk struktur kromatin yang lebih kompak (Alberts et al., 2015).
- c. Kromatin: Kombinasi antara DNA dan protein histon yang dapat mengalami kondensasi menjadi kromosom selama pembelahan sel (Moore et al., 2019).
- d. Sentromer: Bagian kromosom yang berfungsi sebagai titik pengikatan bagi serat spindel saat pembelahan sel. Letak sentromer menentukan pembagian kromosom menjadi lengan pendek (p) dan lengan panjang (q) (Sadler, 2020).
- e. Telomer: Ujung kromosom yang berfungsi melindungi DNA dari kerusakan dan degradasi selama replikasi seluler (Moore et al., 2019).

Secara struktural, kromosom manusia berjumlah 46 buah (23 pasang), yang terdiri dari:

- a. 22 pasang kromosom autosom (mengatur karakteristik tubuh dan fungsi fisiologis) (Sadler, 2020).
- b. 1 pasang kromosom seks (XX pada perempuan dan XY pada laki-laki) yang menentukan jenis kelamin individu (Moore et al., 2019).

Fungsi Kromosom

a. Menyimpan Informasi Genetik

Kromosom mengandung gen yang merupakan unit dasar hereditas (Alberts et al., 2015). Setiap gen membawa instruksi spesifik untuk sintesis protein yang dibutuhkan oleh tubuh (Moore et al., 2019).

b. Mewariskan Informasi Genetik

Selama pembelahan sel mitosis dan meiosis, kromosom memastikan bahwa informasi genetik dapat diteruskan ke sel anak dengan akurat (Sadler, 2020). Mitosis berperan dalam pertumbuhan dan perbaikan jaringan tubuh, sedangkan meiosis penting dalam pembentukan gamet (sel telur dan sperma) (Moore et al., 2019).

c. Mengontrol Sintesis Protein

Gen dalam kromosom bertanggung jawab dalam mengode produksi protein yang berperan dalam metabolisme, pertumbuhan, dan perkembangan tubuh (Alberts et al., 2015). Proses ini melibatkan transkripsi DNA menjadi RNA dan translasi RNA menjadi protein di dalam sel (Sadler, 2020).

d. Menjaga Stabilitas Genom

Telomer pada ujung kromosom mencegah degradasi DNA dan fusi antar kromosom, yang dapat menyebabkan kelainan genetik (Moore et al., 2019). Mekanisme perbaikan DNA dalam kromosom membantu mengoreksi kesalahan yang terjadi selama replikasi sel (Alberts et al., 2015).

Relevansi dengan Kebidanan

2. Perbedaan Kromosom Autosom dan Kromosom Seks

Dalam konteks genetika manusia, kromosom merupakan struktur dalam inti sel yang membawa materi genetik dalam bentuk DNA. Kromosom diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu kromosom autosom dan kromosom seks. Pemahaman mengenai perbedaan keduanya penting dalam bidang kebidanan, terutama dalam aspek perkembangan janin, deteksi kelainan genetik, dan pewarisan sifat (Klug et al., 2020).

a. Kromosom Autosom

Kromosom autosom adalah kromosom yang tidak berhubungan langsung dengan penentuan jenis kelamin individu. Karakteristik kromosom autosom meliputi:

- 1) Jumlah: Terdiri dari 22 pasang (44 kromosom) dalam sel manusia (Snustad & Simmons, 2019).
- 2) Fungsi: Mengandung informasi genetik umum yang menentukan berbagai karakteristik fisik dan fungsi biologis tubuh, seperti warna mata, tinggi badan, dan struktur organ (Tortora & Derrickson, 2020).
- 3) Pewarisan: Diturunkan secara Mendelian dari kedua orang tua, di mana setiap individu menerima satu set (22 kromosom) dari ibu dan satu set dari ayah (Klug et al., 2020).
- 4) Kelainan genetik terkait: Beberapa penyakit genetik yang disebabkan oleh kelainan pada kromosom autosom meliputi Sindrom Down (trisomi 21), Sindrom Edwards (trisomi 18), dan Sindrom Patau (trisomi 13) (Snustad & Simmons, 2019).

b. Kromosom Seks

Kromosom seks adalah kromosom yang menentukan jenis kelamin individu. Karakteristiknya meliputi:

- 1) Jumlah: Hanya terdiri dari satu pasang kromosom (2 kromosom) dalam sel manusia (Klug et al., 2020).
- 2) Jenis:
 - a) XX pada perempuan → individu dengan kombinasi kromosom ini akan berkembang sebagai perempuan (Tortora & Derrickson, 2020).
 - b) XY pada laki-laki → individu dengan kombinasi ini akan berkembang sebagai laki-laki (Snustad & Simmons, 2019).
- 3) Fungsi:
 - a) Mengandung gen yang menentukan jenis kelamin, seperti gen SRY (Sex-determining Region Y) pada kromosom Y yang berperan dalam perkembangan organ reproduksi pria (Klug et al., 2020).
 - b) Mengandung informasi genetik lain, termasuk gen yang dapat berpengaruh terhadap kesehatan, seperti gen DMD pada kromosom X yang terkait dengan Duchenne Muscular Dystrophy (Snustad & Simmons, 2019).
- 4) Pewarisan:
 - a) Anak laki-laki selalu mewarisi kromosom X dari ibu dan Y dari ayah (Tortora & Derrickson, 2020).

- b) Anak perempuan mewarisi satu X dari ibu dan satu X dari ayah (Klug et al., 2020).
- 5) Kelainan genetik terkait: Beberapa gangguan yang berhubungan dengan kromosom seks antara lain Sindrom Turner (X0), Sindrom Klinefelter (XXY), dan Sindrom Jacobs (YYY) (Snustad & Simmons, 2019).

B. Organisasi DNA dan Gen dalam Regulasi Reproduksi

Dalam sistem reproduksi manusia, DNA memainkan peran penting dalam mengatur berbagai proses biologis, termasuk regulasi hormon reproduksi, perkembangan embrio, dan diferensiasi sel. DNA terdiri dari gen-gen yang mengkode protein dan berperan dalam berbagai mekanisme reproduksi. Regulasi ekspresi gen dalam sistem reproduksi melibatkan interaksi kompleks antara faktor genetik dan lingkungan, termasuk hormon dan sinyal molekuler lainnya (Lodish et al., 2021).

1. Struktur DNA dan Organisasi Gen

DNA (Deoxyribonucleic Acid) adalah molekul yang menyimpan informasi genetik dalam bentuk urutan nukleotida (Adenin, Timin, Sitosin, dan Guanin). Organisasi DNA dalam sel reproduksi diatur dalam bentuk kromosom di dalam inti sel. Manusia memiliki 46 kromosom (23 pasang), termasuk 22 pasang autosom dan 1 pasang kromosom seks (XX pada wanita dan XY pada pria) (Alberts et al., 2022).

Setiap gen tersusun dalam lokasi spesifik pada kromosom, yang disebut lokus genetik. Gen terdiri dari bagian ekson (bagian yang dikode menjadi protein) dan intron (bagian yang tidak dikode, tetapi berperan dalam regulasi ekspresi gen). Struktur ini memungkinkan regulasi ekspresi gen yang tepat dalam sistem reproduksi (Johnson, 2022).

2. Regulasi Gen dalam Sistem Reproduksi

Ekspresi gen dalam sistem reproduksi dikendalikan oleh berbagai faktor, termasuk hormon reproduksi, faktor transkripsi, dan sinyal epigenetik. Beberapa proses utama dalam reproduksi yang dipengaruhi oleh ekspresi gen meliputi (Ross & Pawlina, 2020):

a. Regulasi Hormon Reproduksi

Gen-gen yang berperan dalam regulasi hormon reproduksi mengontrol produksi dan aktivitas hormon hipotalamus, hipofisis, dan ovarium. Beberapa gen utama yang terlibat:

- 1) GnRH (Gonadotropin-Releasing Hormone): Mengatur pelepasan hormon FSH dan LH yang memicu ovulasi (Sadler, 2021).

- 2) FSHR (Follicle-Stimulating Hormone Receptor) & LHR (Luteinizing Hormone Receptor): Mengontrol respons ovarium terhadap FSH dan LH untuk pematangan folikel dan ovulasi (Lodish et al., 2021).
 - 3) ESR1 & ESR2 (Estrogen Receptor 1 dan 2): Mempengaruhi respons jaringan tubuh terhadap estrogen, termasuk endometrium dan perkembangan folikel ovarium (Johnson, 2022).
- b. Peran Gen dalam Ovulasi dan Implantasi
- 1) Gen BMP15 dan GDF9: Berperan dalam perkembangan dan pematangan oosit (Alberts et al., 2022).
 - 2) Gen HOXA10 dan HOXA11: Berperan dalam persiapan endometrium untuk implantasi embrio (Sadler, 2021).
 - 3) Gen VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor): Mengatur angiogenesis di endometrium untuk mendukung implantasi embrio (Ross & Pawlina, 2020).
- c. Regulasi Genetik dalam Perkembangan Janin
- 1) Gen H19 dan IGF2 (Insulin-like Growth Factor 2): Mengontrol pertumbuhan plasenta dan janin (Lodish et al., 2021).
 - 2) Gen SRY (Sex-Determining Region Y): Berperan dalam penentuan jenis kelamin janin pada kromosom Y (Sadler, 2021).
 - 3) Gen P53: Berperan dalam mencegah kelainan genetik dan mendukung perkembangan embrio yang sehat (Johnson, 2022).

3. Faktor Epigenetik dalam Regulasi Gen Reproduksi

Epigenetik adalah perubahan ekspresi gen yang tidak melibatkan perubahan urutan DNA tetapi mempengaruhi bagaimana gen diaktifkan atau dimatikan. Beberapa mekanisme epigenetik yang penting dalam reproduksi (Alberts et al., 2022):

- a. Metilasi DNA: Berperan dalam diferensiasi sel selama embriogenesis.
- b. Modifikasi Histon: Mempengaruhi aksesibilitas DNA terhadap faktor transkripsi.
- c. RNA Non-Koding: Berperan dalam regulasi ekspresi gen di ovarium dan embrio.

C. Mekanisme Pewarisan Sifat yang Berhubungan dengan Kesehatan Reproduksi

Pewarisan sifat adalah proses di mana informasi genetik diturunkan dari orang tua kepada keturunannya melalui DNA dalam kromosom. Dalam konteks kesehatan reproduksi, pemahaman tentang mekanisme pewarisan sifat sangat penting bagi bidan untuk memberikan asuhan kebidanan yang komprehensif, termasuk dalam deteksi dini kelainan genetik yang dapat memengaruhi kehamilan dan perkembangan janin (Tortora & Derrickson, 2020).

1. Jenis Pewarisan Sifat

Pewarisan sifat yang berhubungan dengan kesehatan reproduksi dapat dikategorikan berdasarkan pola dominansi dan keterkaitannya dengan jenis kromosom (Moore, Persaud, & Torchia, 2019).

a. Pewarisan Dominan dan Resesif

1) Pewarisan Dominan Autosomal

Jika salah satu alel dominan dari salah satu orang tua diwariskan, individu akan menunjukkan sifat atau penyakit yang terkait (Thibodeau & Patton, 2021). Contoh dalam kesehatan reproduksi: **Sindrom Marfan**, yang dapat menyebabkan komplikasi kehamilan seperti diseksi aorta (Cunningham et al., 2022).

2) Pewarisan Resesif Autosomal

Individu harus mewarisi dua alel resesif (satu dari masing-masing orang tua) agar sifat atau penyakit muncul (Moore, Persaud, & Torchia, 2019). Contoh: **Fibrosis kistik**, yang dapat menyebabkan gangguan pada sistem reproduksi, seperti infertilitas pada pria akibat obstruksi saluran reproduksi (Tortora & Derrickson, 2020).

b. Pewarisan Terpaut Kromosom Seks

1) Pewarisan Terpaut X (Dominan dan Resesif)

Kelainan yang diwariskan melalui kromosom X lebih sering terjadi pada pria karena mereka hanya memiliki satu kromosom X (Thibodeau & Patton, 2021).

Contoh:

a) **Hemofilia** (Resesif X): Kelainan pembekuan darah yang dapat menyebabkan perdarahan postpartum yang sulit dikontrol (Cunningham et al., 2022).

b) **Sindrom Turner** (Monosomi X): Kelainan pada wanita yang menyebabkan infertilitas akibat gangguan perkembangan ovarium (Moore, Persaud, & Torchia, 2019).

2) Pewarisan Terpaut Y

Hanya diwariskan dari ayah ke anak laki-laki (Tortora & Derrickson, 2020).

Contoh: **Sindrom Sertoli Cell Only**, yang dapat menyebabkan infertilitas pada pria karena tidak adanya produksi sperma (Thibodeau & Patton, 2021).

D. Aplikasi dalam Kebidanan

Pemahaman tentang pewarisan sifat sangat penting bagi bidan dalam memberikan pelayanan kesehatan reproduksi yang holistik (Cunningham et al., 2022).

1. Edukasi kepada Ibu Hamil

- a. Memberikan konseling genetik kepada pasangan dengan riwayat keluarga yang memiliki kelainan genetik, seperti talasemia atau hemofilia (Moore, Persaud, & Torchia, 2019).
- b. Menjelaskan faktor risiko genetik terhadap perkembangan janin, seperti sindrom Down akibat trisomi 21 (Tortora & Derrickson, 2020).

2. Identifikasi Riwayat Keluarga

- a. Melakukan anamnesis genetik untuk mendeteksi adanya penyakit genetik yang dapat berdampak pada kehamilan dan kesehatan janin (Thibodeau & Patton, 2021).
- b. Memfasilitasi pemeriksaan skrining genetik, seperti Non-Invasive Prenatal Testing (NIPT) atau pemeriksaan kariotipe pada pasangan dengan risiko tinggi (Cunningham et al., 2022).

3. Asuhan Kebidanan Berbasis Genetik

- a. Mempersiapkan intervensi dini pada kehamilan berisiko tinggi, seperti pemantauan lebih ketat pada ibu dengan riwayat kelainan genetik (Moore, Persaud, & Torchia, 2019).
- b. Berkolaborasi dengan dokter spesialis fetomaternal atau ahli genetika untuk menentukan strategi terbaik dalam manajemen kehamilan (Tortora & Derrickson, 2020).

E. Teknik Analisis Kromosom dan Metode Sitogenetika

1. Teknik Analisis Kromosom dan Metode Sitogenetika dalam Pemeriksaan Prenatal

Analisis kromosom dan metode sitogenetika merupakan teknik penting dalam bidang kebidanan untuk mendeteksi kelainan genetik pada janin sejak dini. Pemeriksaan ini sangat relevan dalam pemeriksaan prenatal, terutama bagi ibu

hamil yang memiliki faktor risiko tinggi seperti usia lanjut, riwayat keluarga dengan kelainan genetik, atau hasil skrining yang mencurigakan.

a. Kariotipe dan Teknik Pewarnaan Kromosom dalam Pemeriksaan Prenatal

Kariotipe adalah teknik analisis kromosom yang bertujuan untuk mengidentifikasi jumlah, bentuk, dan struktur kromosom dalam sel seseorang. Teknik ini umum digunakan dalam pemeriksaan prenatal untuk mendeteksi kelainan kromosom seperti trisomi 21 (sindrom Down), trisomi 18 (sindrom Edwards), dan trisomi 13 (sindrom Patau) (Thompson & Thompson, 2016).

Dalam proses pembuatan kariotipe, sel yang diperiksa biasanya berasal dari sampel darah, cairan ketuban (amniosentesis), atau vilus korionik (CVS). Sel kemudian dikultur untuk memperbanyak jumlahnya sebelum dilakukan pemanenan dan pengecatan kromosom (Nussbaum et al., 2021). Salah satu teknik pewarnaan yang paling umum digunakan adalah **G-banding**, di mana kromosom diberi perlakuan dengan tripsin dan kemudian diwarnai menggunakan Giemsa. Pola pita gelap dan terang yang dihasilkan memungkinkan identifikasi kromosom berdasarkan ukuran dan pola spesifiknya (Shaffer & Slovak, 2017).

Pemeriksaan kariotipe memiliki keunggulan dalam mendeteksi kelainan kromosom secara menyeluruh, tetapi memerlukan waktu lebih lama dibandingkan teknik molekuler seperti FISH (Fluorescence In Situ Hybridization) atau QF-PCR (Quantitative Fluorescent PCR) yang lebih cepat dalam mendeteksi aneuploidi (Hook et al., 2018).

2. Metode Sitogenetika dalam Diagnostik Prenatal

Metode sitogenetika mencakup berbagai teknik yang digunakan untuk menganalisis kromosom dan material genetik lainnya dalam sel. Beberapa teknik utama yang digunakan dalam diagnostik prenatal adalah sebagai berikut:

a. Fluorescence In Situ Hybridization (FISH)

FISH adalah teknik yang menggunakan probe DNA berlabel fluoresen untuk mengidentifikasi kelainan kromosom spesifik. Metode ini memungkinkan analisis langsung tanpa perlu kultur sel, sehingga hasil dapat diperoleh lebih cepat dibandingkan dengan kariotipe konvensional (Lichter & Cremer, 2019). FISH sangat berguna dalam mendeteksi aneuploidi kromosom 13, 18, 21, X, dan Y pada sampel cairan ketuban atau jaringan CVS.

b. Microarray Comparative Genomic Hybridization (aCGH)

Teknik ini memungkinkan analisis yang lebih rinci terhadap mikrodelesi dan duplikasi kromosom yang tidak dapat dideteksi dengan kariotipe konvensional (Miller et al., 2019). aCGH sering digunakan dalam kasus kelainan struktural

janin yang terdeteksi melalui USG tetapi tidak menunjukkan kelainan kromosom numerik yang jelas.

c. Quantitative Fluorescent PCR (QF-PCR)

Teknik ini digunakan untuk mendeteksi aneuploidi kromosom secara cepat melalui analisis polimorfisme mikrosatelit (Chiu & Lo, 2020). QF-PCR sering digunakan dalam pemeriksaan prenatal karena kecepatan dan keakuratannya dalam mendeteksi trisomi umum seperti trisomi 21.

3. Implikasi Klinis dan Etik dalam Pemeriksaan Kromosom Prenatal

Pemeriksaan kromosom prenatal memiliki manfaat besar dalam mendeteksi dan mencegah kelahiran bayi dengan kelainan genetik yang berat. Namun, ada pertimbangan etis yang perlu diperhatikan, terutama dalam pengambilan keputusan terkait hasil tes positif untuk kelainan kromosom. Konseling genetik menjadi bagian penting dalam pemeriksaan ini untuk membantu orang tua memahami hasil tes dan membuat keputusan yang tepat sesuai dengan nilai dan keyakinan mereka (Biesecker & Green, 2020).

Selain itu, kebidanan sebagai profesi harus mempertimbangkan prinsip beneficence (berbuat baik), non-maleficence (tidak merugikan), serta otonomi pasien dalam pengambilan keputusan terkait pemeriksaan prenatal (Beauchamp & Childress, 2019). Oleh karena itu, bidan perlu memiliki pemahaman yang baik tentang metode analisis kromosom dan sitogenetika untuk memberikan informasi yang akurat kepada pasien.

F. Teknik Analisis Kromosom dan Metode Sitogenetika dalam Pemeriksaan Prenatal

1. Kariotipe dan Teknik Pewarnaan Kromosom dalam Pemeriksaan Prenatal

Kariotipe adalah teknik analisis kromosom yang digunakan untuk mendeteksi kelainan kromosom, seperti aneuploidi atau translokasi. Teknik ini dilakukan dengan cara menghentikan pembelahan sel pada tahap metafase menggunakan agen seperti kolkisin, kemudian dilakukan fiksasi dan pewarnaan kromosom untuk memvisualisasikan pola pita spesifik. Pewarnaan yang umum digunakan adalah G-banding, yang menggunakan tripsin dan pewarna Giemsa untuk menghasilkan pola pita gelap dan terang pada kromosom. Teknik ini banyak digunakan dalam pemeriksaan prenatal untuk mendeteksi kelainan genetik seperti sindrom Down (trisomi 21), sindrom Turner (monosomi X), atau sindrom Klinefelter (XXY) (Thompson et al., 2016).

2. Teknik FISH (Fluorescence In Situ Hybridization) dalam Diagnostik Genetik

Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) adalah teknik sitogenetika molekuler yang menggunakan probe berlabel fluoresen yang berikatan dengan sekuens DNA spesifik pada kromosom. Teknik ini memungkinkan deteksi kelainan kromosom dengan sensitivitas lebih tinggi dibandingkan kariotipe konvensional. FISH sering digunakan untuk mendeteksi mikrodelesi dan mikroduplikasi, yang tidak dapat diidentifikasi dengan kariotipe standar, seperti pada sindrom DiGeorge (del22q11.2) dan sindrom Williams (del7q11.23). Teknik ini dapat diaplikasikan langsung pada sel yang sedang membelah (metafase) maupun sel yang tidak membelah (interfase), sehingga sangat bermanfaat dalam diagnostik prenatal cepat (Shaffer & Bejani, 2018).

3. Teknik Array CGH (Comparative Genomic Hybridization) untuk Deteksi Kelainan Submikroskopik

Array CGH adalah teknik analisis genomik yang dapat mendeteksi perubahan jumlah salinan (copy number variation, CNV) dalam DNA genomik dengan resolusi tinggi. Berbeda dengan kariotipe dan FISH yang terbatas pada perubahan struktural yang lebih besar, array CGH dapat mengidentifikasi kelainan submikroskopik seperti duplikasi atau penghapusan materi genetik yang tidak terlihat dengan teknik konvensional. Teknik ini digunakan dalam pemeriksaan prenatal untuk mendeteksi kelainan perkembangan janin, termasuk gangguan spektrum autisme, keterlambatan perkembangan, dan cacat bawaan yang disebabkan oleh kelainan genetik (Miller et al., 2010).

4. Teknik PCR dan NGS untuk Analisis Genetik Prenatal Non-Invasif

Reaksi berantai polimerase (PCR) dan Next-Generation Sequencing (NGS) adalah metode berbasis DNA yang digunakan dalam analisis genetik prenatal non-invasif (NIPT). NIPT menggunakan DNA janin bebas sel (cell-free fetal DNA, cfDNA) yang bersirkulasi dalam plasma ibu untuk mendeteksi kelainan kromosom secara lebih akurat dan dengan risiko minimal bagi janin. Teknik ini mampu mendeteksi aneuploidji seperti trisomi 13 (Patau), trisomi 18 (Edwards), dan trisomi 21 (Down) sejak usia kehamilan 10 minggu dengan sensitivitas tinggi (Bianchi et al., 2014).

G. Latihan Soal

Pilihan Ganda Pilihlah jawaban yang paling tepat!

1. Manakah pernyataan yang benar mengenai peran protein histon dalam struktur kromosom?
 - A. Berfungsi sebagai enzim dalam replikasi DNA
 - B. Membantu melilitkan DNA sehingga membentuk kromatin yang lebih kompak
 - C. Berperan dalam sintesis protein di dalam inti sel
 - D. Menentukan panjang telomer pada kromosom
 - E. Mengatur pembentukan kromosom seks dalam pembelahan sel
2. Kromosom seks pada manusia memiliki peran penting dalam pewarisan sifat. Apa yang terjadi jika seorang individu memiliki kombinasi kromosom XXY?
 - A. Sindrom Turner
 - B. Sindrom Down
 - C. Sindrom Klinefelter
 - D. Sindrom Patau
 - E. Sindrom Edwards
3. Dalam pewarisan sifat, penyakit hemofilia lebih sering terjadi pada laki-laki dibandingkan perempuan karena:
 - A. Terkait dengan kromosom autosom yang dominan
 - B. Kromosom Y membawa gen penyebab hemofilia
 - C. Gen hemofilia terdapat pada kromosom X dan diwariskan secara resesif
 - D. Laki-laki memiliki dua kromosom X sehingga lebih rentan
 - E. Penyakit ini hanya diwariskan oleh ayah kepada anak laki-laki
4. Salah satu fungsi utama telomer pada kromosom adalah:
 - A. Mengontrol pembelahan sel melalui mitosis
 - B. Menentukan panjang lengan kromosom p dan q
 - C. Melindungi ujung kromosom dari degradasi selama replikasi DNA
 - D. Mengikat serat spindel selama pembelahan sel
 - E. Berperan dalam penentuan jenis kelamin individu
5. Gen SRY pada kromosom Y memiliki peran penting dalam:
 - A. Pembentukan ovarium pada embrio perempuan
 - B. Regulasi ekspresi hormon estrogen
 - C. Diferensiasi gonad menjadi testis pada embrio laki-laki
 - D. Sintesis protein dalam sel somatik

E. Regulasi ekspresi gen BMP15 dan GDF9

Soal Essay Jawablah pertanyaan berikut dengan penjelasan yang jelas dan mendalam!

1. Jelaskan bagaimana struktur kromosom manusia berperan dalam pewarisan sifat serta bagaimana kelainan kromosom dapat berdampak pada perkembangan embrio!
2. Bagaimana perbedaan kromosom autosom dan kromosom seks dalam konteks pewarisan sifat? Berikan contoh kelainan genetik yang terkait dengan masing-masing jenis kromosom!
3. Mekanisme regulasi gen sangat berpengaruh dalam sistem reproduksi manusia. Jelaskan bagaimana gen-gen seperti GnRH, FSHR, dan LHR berperan dalam regulasi hormonal yang berkaitan dengan ovulasi!
4. Bagaimana mekanisme epigenetik seperti metilasi DNA dan modifikasi histon dapat memengaruhi ekspresi gen yang berhubungan dengan reproduksi manusia? Berikan contoh konkret!
5. Teknik analisis kromosom seperti kariotipe sering digunakan dalam pemeriksaan prenatal. Jelaskan bagaimana metode ini bekerja dan bagaimana hasil analisis dapat membantu dalam deteksi kelainan genetik pada janin!

Kunci Jawaban

1. **B.** Protein Histon
2. **D.** 22 pasang autosom dan 1 pasang kromosom seks
3. **A.** Gen SRY
4. **E.** Kariotipe
5. **C.** Mencegah degradasi dan fusi kromosom

H. Rangkuman Materi

1. Konsep Dasar Kromosom dan Struktur Genetik Manusia

Kromosom adalah struktur dalam inti sel yang membawa DNA dan protein histon untuk menyimpan informasi genetik. Manusia memiliki 46 kromosom (23 pasang), termasuk 22 pasang autosom dan 1 pasang kromosom seks (XX untuk perempuan, XY untuk laki-laki).

2. Struktur Kromosom:

- a. **DNA** – Mengandung instruksi genetik.
- b. **Protein Histon** – Membantu mengemas DNA dalam kromatin.
- c. **Sentromer** – Titik pengikatan serat spindel saat pembelahan sel.
- d. **Telomer** – Melindungi DNA dari degradasi.

3. Fungsi Kromosom:

- a. Menyimpan dan mewariskan informasi genetik melalui mitosis dan meiosis.

- b. Mengontrol sintesis protein untuk fungsi biologis.
- c. Menjaga stabilitas genom melalui perbaikan DNA.

4. Perbedaan Kromosom Autosom dan Kromosom Seks

- a. **Autosom (22 pasang):** Mengatur karakteristik tubuh dan fungsi fisiologis. Kelainan terkait: Sindrom Down, Sindrom Edwards.
- b. **Kromosom Seks (1 pasang):** Menentukan jenis kelamin. Kelainan terkait: Sindrom Turner, Sindrom Klinefelter.

5. Organisasi DNA dan Regulasi Reproduksi

DNA tersusun dalam kromosom dan berperan dalam regulasi hormon reproduksi, ovulasi, implantasi, serta perkembangan janin. Beberapa gen penting dalam sistem reproduksi:

- a. **GnRH, FSHR, LHR** – Regulasi hormon.
- b. **HOXA10, VEGF** – Implantasi embrio.
- c. **H19, IGF2, SRY** – Perkembangan janin.

Regulasi epigenetik seperti metilasi DNA dan modifikasi histon juga berperan dalam ekspresi gen reproduksi.

6. Mekanisme Pewarisan Sifat dalam Kesehatan Reproduksi

Pewarisan sifat dapat bersifat dominan autosomal (contoh: Sindrom Marfan), resesif autosomal (contoh: Fibrosis kistik), atau terpaut kromosom seks (contoh: Hemofilia, Sindrom Turner).

7. Aplikasi dalam Kebidanan

- a. Edukasi ibu hamil mengenai risiko genetik.
- b. Identifikasi riwayat keluarga untuk deteksi dini kelainan genetik.
- c. Asuhan kebidanan berbasis genetika dengan intervensi dini dan kolaborasi dengan spesialis.

8. Teknik Analisis Kromosom dalam Pemeriksaan Prenatal

Metode seperti kariotipe dan teknik sitogenetika digunakan untuk mendeteksi kelainan genetik sejak dini, terutama pada kehamilan berisiko tinggi.

Rangkuman ini memberikan pemahaman dasar tentang kromosom, regulasi genetik, dan aplikasinya dalam kebidanan, terutama dalam deteksi dan pencegahan kelainan genetik pada ibu dan janin.

I. Glosarium

Autosom: 22 pasang kromosom non-seks yang menentukan karakteristik tubuh dan fungsi fisiologis.

DNA (Deoxyribonucleic Acid): Molekul berbentuk heliks ganda yang menyimpan informasi genetik.

Ekson: Bagian dari gen yang dikode menjadi protein.

Epigenetik: Perubahan ekspresi gen yang tidak melibatkan perubahan urutan DNA.

FSH (Follicle-Stimulating Hormone): Hormon yang merangsang pematangan folikel dalam ovarium.

FSHR (Follicle-Stimulating Hormone Receptor): Reseptor yang mengontrol respons ovarium terhadap FSH.

Gen: Unit dasar hereditas yang mengandung instruksi sintesis protein.

Gen BMP15 dan GDF9: Berperan dalam perkembangan dan pematangan oosit.

Gen ESR1 & ESR2: Mengatur respons jaringan tubuh terhadap estrogen.

Gen HOXA10 dan HOXA11: Berperan dalam persiapan endometrium untuk implantasi embrio.

Gen IGF2 (Insulin-like Growth Factor 2): Mengontrol pertumbuhan plasenta dan janin.

Gen P53: Mengontrol stabilitas genom dan perkembangan embrio.

Gen SRY (Sex-Determining Region Y): Menentukan jenis kelamin laki-laki.

GnRH (Gonadotropin-Releasing Hormone): Hormon yang mengatur pelepasan FSH dan LH.

Histon: Protein yang membantu dalam pengemasan DNA menjadi kromatin.

Intron: Bagian dari gen yang tidak dikode menjadi protein tetapi berperan dalam regulasi gen.

Kariotipe: Teknik analisis kromosom untuk mendekripsi kelainan genetik.

Kromatin: Kompleks DNA dan protein histon dalam inti sel.

Kromosom: Struktur dalam inti sel yang membawa materi genetik dalam bentuk DNA.

Kromosom Seks: Sepasang kromosom yang menentukan jenis kelamin (XX pada perempuan, XY pada laki-laki).

LH (Luteinizing Hormone): Hormon yang memicu ovulasi dan produksi progesteron.

LHR (Luteinizing Hormone Receptor): Reseptor yang mengontrol respons ovarium terhadap LH.

Metilasi DNA: Mekanisme epigenetik yang berperan dalam diferensiasi sel selama embriogenesis.

Mitosis: Proses pembelahan sel yang menghasilkan dua sel anak identik.

Meiosis: Proses pembelahan sel yang menghasilkan gamet dengan setengah jumlah kromosom.

Mikrobiota ASI: Komunitas mikroorganisme dalam ASI yang berperan dalam perkembangan sistem imun bayi.

Pewarisan Autosomal Dominan: Pewarisan sifat yang muncul jika individu memiliki satu alel dominan.

Pewarisan Autosomal Resesif: Pewarisan sifat yang muncul jika individu memiliki dua alel resesif.

Pewarisan Terpaut X: Kelainan genetik yang diwariskan melalui kromosom X.

Pewarisan Terpaut Y: Kelainan genetik yang diwariskan melalui kromosom Y.

RNA Non-Koding: Molekul RNA yang tidak dikode menjadi protein tetapi berperan dalam regulasi gen.

Sentromer: Bagian kromosom yang menjadi titik pengikatan serat spindel saat pembelahan sel.

Sindrom Down: Kelainan genetik akibat trisomi 21.

Sindrom Edwards: Kelainan genetik akibat trisomi 18.

Sindrom Klinefelter: Kelainan akibat adanya kromosom X ekstra pada laki-laki (XXY).

Sindrom Patau: Kelainan genetik akibat trisomi 13.

Sindrom Turner: Kelainan akibat monosomi X pada perempuan.

Telomer: Ujung kromosom yang melindungi DNA dari degradasi.

Transkripsi: Proses sintesis RNA dari DNA.

Translasi: Proses sintesis protein dari RNA.

VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor): Protein yang mengatur angiogenesis di endometrium.

J. Daftar Pustaka

- Alberts, B., et al. (2022). Molecular Biology of the Cell. Garland Science.
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2015). Molecular Biology of the Cell (6th ed.). Garland Science.
- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). Principles of Biomedical Ethics. Oxford University Press.
- Bianchi, D. W., Parker, R. L., Wentworth, J., Madankumar, R., Saffer, C., Das, A. F., ... & Sehnert, A. J. (2014). DNA sequencing versus standard prenatal aneuploidy screening. *New England Journal of Medicine*, 370(9), 799-808.
- Biesecker, B. B., & Green, R. C. (2020). Diagnostic genomic testing: Implications for counseling practice. *Journal of Genetic Counseling*, 29(2), 172-180.
- Chiu, R. W., & Lo, Y. M. (2020). Prenatal diagnosis: New technologies and clinical applications. *The New England Journal of Medicine*, 383(8), 748-759.
- Cunningham, F. G., Leveno, K. J., Bloom, S. L., et al. (2022). *Williams Obstetrics*. McGraw-Hill.
- Haffer, L. G., & Bejjani, B. A. (2018). Medical genetics: cytogenetics and genome analysis. *Genetics in Medicine*, 20(6), 1-18.
- Hook, E. B., Cross, P. K., & Schreinemachers, D. M. (2018). Chromosomal abnormality

- rates at amniocentesis and live birth. *Human Genetics*, 74(3), 249-257.
- Johnson, M. H. (2022). *Essential Reproduction*. Wiley-Blackwell.
- Klug, W. S., Cummings, M. R., Spencer, C. A., Palladino, M. A., & Killian, D. J. (2020). *Concepts of Genetics* (12th ed.). Pearson.
- Lichter, P., & Cremer, T. (2019). *Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) in Human Genetics*. Springer.
- Lodish, H., Berk, A., & Zipursky, S. L. (2021). *Molecular Cell Biology*. W. H. Freeman.
- Miller, D. T., Adam, M. P., Aradhya, S., Biesecker, L. G., Brothman, A. R., Carter, N. P., ... & Ledbetter, D. H. (2010). Consensus statement: chromosomal microarray is a first-tier clinical diagnostic test for individuals with developmental disabilities or congenital anomalies. *American Journal of Human Genetics*, 86(5), 749-764.
- Miller, D. T., Adam, M. P., Aradhya, S., et al. (2019). Consensus statement: Chromosomal microarray is a first-tier clinical diagnostic test for individuals with developmental disabilities or congenital anomalies. *American Journal of Human Genetics*, 86(5), 749-764.
- Moore, K. L., Persaud, T. V. N., & Torchia, M. G. (2019). *Before We Are Born: Essentials of Embryology and Birth Defects* (10th ed.). Elsevier
- Nussbaum, R. L., McInnes, R. R., & Willard, H. F. (2021). *Thompson & Thompson Genetics in Medicine*. Elsevier.
- Ross, M. H., & Pawlina, W. (2020). *Histology: A Text and Atlas*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Sadler, T. W. (2020). *Langman's Medical Embryology* (14th ed.). Wolters Kluwer.
- Shaffer, L. G., & Slovak, M. L. (2017). The principles of cytogenetics. In *The Cytogenetics of Chromosomal Abnormalities*. Cambridge University Press.
- Snustad, D. P., & Simmons, M. J. (2019). *Principles of Genetics* (7th ed.). Wiley.
- Thibodeau, G. A., & Patton, K. T. (2021). *Structure & Function of the Body*. Mosby.
- Thompson, M. W., McInnes, R. R., & Willard, H. F. (2016). *Genetics in Medicine*. Elsevier.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2020). *Principles of Anatomy and Physiology* (16th ed.). Wiley.

BAB 7

IMUNOLOGI REPRODUKSI – ANTIBODI SPERMA

Tujuan Intruksional:

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan prinsip dasar imunologi dalam sistem reproduksi manusia.
2. Mengidentifikasi mekanisme pembentukan antibodi terhadap sperma dan faktor pemicunya.
3. Menganalisis dampak antibodi sperma terhadap fertilitas pria dan wanita.
4. Mengevaluasi berbagai metode deteksi dan diagnosis antibodi sperma.
5. Mengusulkan strategi penatalaksanaan dan terapi infertilitas akibat faktor imunologi.

Capaian Pembelajaran:

Capaian Pembelajaran Sikap (CPL-S):

1. Mahasiswa mampu menunjukkan sikap profesional dan etis dalam memahami serta menangani kasus-kasus infertilitas terkait antibodi sperma.
2. Mahasiswa memiliki kepedulian dan empati dalam memberikan edukasi kepada pasangan terkait faktor imunologi dalam infertilitas.

Capaian Pembelajaran Pengetahuan (CPL-P):

1. Mahasiswa mampu menjelaskan konsep dasar imunologi reproduksi, khususnya mengenai interaksi antara sistem imun perempuan dan sperma.
2. Mahasiswa mampu memahami mekanisme terbentuknya antibodi terhadap sperma serta implikasinya terhadap infertilitas imunologis.
3. Mahasiswa mampu mengidentifikasi faktor risiko, patofisiologi, dan dampak antibodi sperma terhadap fertilisasi dan keberhasilan kehamilan.
4. Mahasiswa mampu menjelaskan metode diagnostik yang digunakan untuk mendeteksi antibodi sperma dalam kasus infertilitas.
5. Mahasiswa memahami berbagai strategi intervensi untuk mengatasi infertilitas akibat antibodi sperma, termasuk pendekatan farmakologis, imunomodulasi, dan teknologi reproduksi berbantu (ART).

Capaian Pembelajaran Keterampilan Umum (CPL-KU):

1. Mahasiswa mampu menginterpretasikan hasil pemeriksaan antibodi sperma dan menyesuaikannya dengan kondisi klinis pasien.
2. Mahasiswa mampu menyampaikan informasi yang akurat dan berbasis bukti kepada pasangan yang mengalami infertilitas terkait antibodi sperma.

3. Mahasiswa mampu melakukan komunikasi terapeutik dengan pasangan yang mengalami masalah fertilitas akibat faktor imunologi.

Capaian Pembelajaran Keterampilan Khusus (CPL-KK):

1. Mahasiswa mampu mengintegrasikan pengetahuan imunologi reproduksi dalam asuhan kebidanan pada pasangan yang mengalami infertilitas.
2. Mahasiswa mampu memberikan edukasi dan konseling kepada pasangan mengenai hubungan antara antibodi sperma dan infertilitas serta pilihan terapi yang tersedia.
3. Mahasiswa mampu menganalisis studi kasus terkait infertilitas imunologis dan memberikan rekomendasi berbasis evidence-based practice dalam konteks kebidanan.

Pendahuluan

Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai imunologi reproduksi, dengan fokus utama pada antibodi spermat serta perannya dalam infertilitas imunologis. Melalui buku ini, pembaca diharapkan dapat memahami mekanisme respons imun terhadap sel sperma, faktor-faktor yang berkontribusi terhadap pembentukan antibodi spermat, serta dampaknya terhadap fertilitas. Selain itu, buku ini juga membahas berbagai implikasi klinis dan terapi potensial yang dapat digunakan dalam menangani infertilitas akibat respons imunologis terhadap spermatozoa.

Buku ini ditujukan bagi mahasiswa dari berbagai disiplin ilmu, termasuk kedokteran, biologi, farmasi, dan ilmu kesehatan, yang ingin memperdalam wawasan mereka tentang imunologi reproduksi. Tak hanya itu, para peneliti dan tenaga medis profesional, seperti dokter spesialis andrologi, ginekologi, serta praktisi fertilitas, juga dapat memperoleh manfaat dari buku ini dalam memperkaya pemahaman mereka di bidang yang semakin berkembang ini.

Struktur buku ini dirancang secara sistematis, dimulai dari konsep dasar imunologi reproduksi hingga penerapan klinisnya. Salah satu bagian penting dalam buku ini adalah Bab 5, yang secara khusus membahas antibodi sperma. Bab ini mencakup beberapa aspek utama, antara lain:

1. Pengenalan Antibodi Sperma – Definisi dan klasifikasi antibodi yang dapat menyebabkan infertilitas imunologis.
2. Mekanisme Pembentukan Antibodi Sperma – Proses imunologis yang menyebabkan tubuh mengenali sperma sebagai agen asing dan memproduksi antibodi terhadapnya.
3. Dampak Klinis Antibodi Sperma – Konsekuensi keberadaan antibodi ini terhadap kesuburan, baik pada pria maupun wanita, serta pengaruhnya terhadap keberhasilan kehamilan.

4. Deteksi dan Diagnosis – Metode laboratorium yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan antibodi sperma pada pasien.
5. Strategi Terapi dan Manajemen Klinis – Pendekatan imunomodulasi serta berbagai metode terapi yang dapat diterapkan dalam menangani infertilitas akibat faktor imunologi ini.

Untuk memudahkan proses pembelajaran, buku ini disajikan dengan pendekatan yang interaktif dan berbasis penelitian terkini. Beberapa fitur utama yang ditawarkan dalam buku ini antara lain:

1. Penyajian teks yang sistematis dan mudah dipahami, dilengkapi dengan penjelasan berbasis bukti ilmiah.
2. Ilustrasi dan diagram yang mendukung pemahaman terhadap konsep-konsep imunologi yang kompleks.
3. Studi kasus klinis yang menghubungkan teori dengan praktik medis di dunia nyata.
4. Latihan soal dan diskusi di akhir setiap bab guna memperkuat pemahaman serta menguji wawasan pembaca.

Pendekatan pembelajaran dalam buku ini mengombinasikan konsep teoretis dengan studi klinis, sehingga pembaca dapat memahami bagaimana teori imunologi diterapkan dalam dunia medis. Selain itu, pembelajaran aktif juga diterapkan melalui latihan soal dan pertanyaan reflektif yang mendorong pembaca untuk berpikir kritis serta menganalisis informasi dengan lebih mendalam.

Agar dapat memperoleh manfaat maksimal dari buku ini, pembaca disarankan untuk:

1. Membaca secara sistematis, dimulai dari konsep dasar sebelum melanjutkan ke bab yang lebih kompleks.
2. Memanfaatkan ilustrasi dan diagram sebagai alat bantu dalam memahami konsep imunologi reproduksi.
3. Mengerjakan latihan soal dan studi kasus yang tersedia untuk menguji pemahaman secara mandiri.
4. Menggunakan referensi tambahan yang disarankan dalam buku ini untuk memperluas wawasan.

Dengan memahami struktur serta metode pembelajaran yang digunakan dalam buku ini, pembaca akan lebih mudah menyerap informasi serta menerapkannya dalam bidang akademik maupun praktik klinis. Diharapkan buku ini dapat menjadi sumber referensi yang berharga dalam pengembangan ilmu dan praktik di bidang imunologi reproduksi.

Uraian Materi

Buku ini membahas secara komprehensif mengenai imunologi reproduksi, khususnya peran antibodi spermat dalam infertilitas imunologis. Antibodi spermat merupakan respons imun yang dapat menghambat fertilisasi dengan menyerang spermatozoa, sehingga berpotensi menyebabkan gangguan kesuburan pada pria maupun wanita. Proses pembentukannya dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk disfungsi sawar darah-testis, infeksi, atau gangguan autoimun. Buku ini tidak hanya menjelaskan mekanisme dasar pembentukan antibodi spermat, tetapi juga mengupas dampak klinisnya, metode diagnostik, serta strategi terapi seperti imunomodulasi untuk menangani infertilitas yang berkaitan dengan respons imunologis ini. Dengan pendekatan berbasis penelitian dan studi klinis, buku ini dirancang untuk membantu mahasiswa, peneliti, serta praktisi medis dalam memahami dan menerapkan konsep imunologi reproduksi dalam bidang akademik maupun klinis.

A. Sistem Imun dalam Reproduksi

1. Peran Sistem Imun dalam Siklus Reproduksi

Sistem imun berperan penting dalam mengatur berbagai aspek siklus reproduksi, termasuk ovulasi, implantasi embrio, dan pemeliharaan kehamilan (Aluvihare et al., 2004). Interaksi antara sistem imun dan sistem reproduksi melibatkan berbagai sel imun seperti makrofag, sel Natural Killer (NK), dan limfosit T yang bekerja dalam keseimbangan untuk memastikan keberlangsungan fungsi reproduksi tanpa memicu reaksi autoimun (Mor et al., 2017).

a. Regulasi Siklus Menstruasi

Sel imun berperan dalam regulasi siklus menstruasi melalui pelepasan sitokin yang mempengaruhi pertumbuhan folikel ovarium dan ovulasi (Salamonsen & Evans, 2019). Makrofag dan sel dendritik di ovarium membantu proses pematangan folikel dan pelepasan sel telur (Gouilly et al., 2020).

b. Implantasi Embrio

Saat embrio mencapai uterus, sistem imun berperan dalam menyiapkan lingkungan yang mendukung implantasi. Sel NK uterus dan makrofag membantu membentuk jaringan plasenta dan mendukung invasi trofoblas ke dalam endometrium (Moffett & Colucci, 2014).

c. Pengaruh Hormon terhadap Sistem Imun

Hormon reproduksi seperti estrogen dan progesteron mempengaruhi aktivitas sel imun. Estrogen dapat meningkatkan respons imun adaptif, sementara progesteron memiliki efek imunomodulator yang menekan respons imun berlebihan agar tidak mengganggu proses reproduksi (Straub, 2007).

2. Toleransi Imunologis dalam Kehamilan

Kehamilan merupakan keadaan imunologis unik di mana sistem imun ibu harus mengenali dan mentoleransi janin yang secara genetik setengahnya berasal dari ayah (Billington, 2015). Mekanisme toleransi imunologis ini penting untuk mencegah reaksi imun maternal yang dapat menyebabkan keguguran atau komplikasi kehamilan lainnya (Mor & Cardenas, 2010).

a. Peran Sel Imun dalam Toleransi Kehamilan

- 1) Sel T Regulator (Treg): Berperan dalam menekan respons imun ibu terhadap antigen janin dan mencegah penolakan imunologis (Aluvihare et al., 2004).
- 2) Sel NK Uterus (uNK): Berbeda dari sel NK perifer, uNK membantu perkembangan plasenta dan mendukung angiogenesis tanpa menyebabkan sitotoksitas berlebihan terhadap jaringan janin (Moffett & Loke, 2006).
- 3) Makrofag dan Sel Dendritik: Berperan dalam menyeimbangkan imunitas maternal agar tidak berlebihan dan tetap menjaga respons pertahanan terhadap infeksi (PrabhuDas et al., 2015).

b. Mekanisme Imunologis dalam Toleransi Kehamilan

- 1) Ekspresi HLA-G pada Trofoblas: Human Leukocyte Antigen G (HLA-G) yang diekspresikan oleh sel trofoblas berfungsi untuk menghindari pengenalan dan destruksi oleh sel imun ibu (Hviid, 2006).
- 2) Sekresi Sitokin Anti-Inflamasi: Sitokin seperti IL-10 dan TGF-β berperan dalam menciptakan lingkungan imun yang mendukung perkembangan janin (Robertson et al., 2018).
- 3) Penurunan Respons Sel T Efektor: Supresi sebagian aktivitas sel T efektor mengurangi risiko reaksi imun maternal terhadap antigen janin (Zhou et al., 2016).

3. Interaksi Sistem Imun dengan Sel-Sel Reproduksi

Sistem imun berinteraksi dengan berbagai sel reproduksi untuk mendukung keberhasilan reproduksi dan menjaga homeostasis imunologis selama siklus reproduksi dan kehamilan (Mor & Kwon, 2015).

a. Interaksi dengan Sel Germinal

- 1) Oosit dan Folikel Ovarium: Sel imun seperti makrofag dan sel dendritik membantu perkembangan folikel dan proses ovulasi (Gouilly et al., 2020).
- 2) Sperma dan Imunitas Reproduksi: Sperma dapat dianggap sebagai antigen asing oleh sistem imun, tetapi adanya mekanisme perlindungan seperti sawar testis (blood-testis barrier) dan sekresi faktor imunomodulator membantu mencegah reaksi autoimun terhadap sperma (Fijak et al., 2011).

b. Interaksi dengan Sel Trofoblas

Sel trofoblas yang membentuk plasenta berinteraksi dengan sel imun maternal untuk mendukung implantasi dan perkembangan janin. Peran utama sel trofoblas dalam menginduksi toleransi imun maternal meliputi:

1) Modulasi Aktivitas Sel NK Uterus: Trofoblas menginduksi fenotip non-sitotoksik pada sel NK uterus untuk mendukung pertumbuhan plasenta (Moffett & Colucci, 2014).

2) Produksi Faktor Imunomodulator: Trofoblas menghasilkan HLA-G dan sitokin yang menekan aktivasi imun maternal yang berlebihan (Hviid, 2006).

c. Pengaruh Infeksi terhadap Sistem Imun Reproduksi

Infeksi selama kehamilan dapat mengganggu keseimbangan imun dan menyebabkan komplikasi seperti keguguran atau persalinan prematur (Cardenas et al., 2010). Infeksi oleh patogen seperti *Toxoplasma gondii*, virus rubella, dan *Cytomegalovirus (CMV)* dapat memicu respons inflamasi yang merugikan perkembangan janin (Robbins & Bakardjiev, 2012).

B. Antibodi Sperma dan Infertilitas

1. Definisi dan Jenis Antibodi terhadap Sperma

Antibodi terhadap sperma, dikenal sebagai *antisperm antibody* (ASA), adalah imunoglobulin yang mengenali antigen pada permukaan spermatozoa dan dapat mengganggu fungsi sperma normal (Francavilla et al., 2007). Antibodi ini dapat terbentuk pada pria maupun wanita, berkontribusi terhadap infertilitas imunologis (Bohring & Krause, 2003).

Terdapat tiga kelas utama ASA, yaitu:

1. Immunoglobulin A (IgA): Berperan dalam mengganggu motilitas sperma di saluran reproduksi wanita (Naz & Menge, 1994).
2. Immunoglobulin G (IgG): Umumnya ditemukan dalam sirkulasi darah dan dapat berikatan dengan sperma dalam plasma semen (Kutteh, 1999).
3. Immunoglobulin M (IgM): Berukuran besar dan biasanya terbatas pada darah, tetapi dapat ditemukan dalam semen dalam kasus-kasus tertentu (Marín-Briggiler et al., 2003).

2. Mekanisme Pembentukan Antibodi Sperma

Pembentukan ASA dapat terjadi akibat gangguan pada barier hematotestikuler, yang secara normal melindungi sperma dari sistem imun tubuh (Witkin et al., 2011). Trauma testis, infeksi, atau prosedur bedah seperti vasektomi

dapat menyebabkan kebocoran antigen sperma ke dalam sirkulasi, yang kemudian dikenali sebagai benda asing oleh sistem imun (Gupta et al., 2007).

Pada pria, pembentukan ASA dapat disebabkan oleh:

- a. Infeksi genital, seperti epididimitis atau prostatitis, yang meningkatkan permeabilitas barier testis (Tsuji et al., 2001).
- b. Cedera testis akibat trauma fisik atau bedah (Restrepo et al., 2013).
- c. Vasektomi yang mengganggu barier imunologis testis (Silva et al., 2002).

Pada wanita, respons imun terhadap sperma dapat terjadi karena:

- a. Paparan sperma berulang yang merangsang sistem imun mukosa (Haas et al., 2009).
- b. Reaksi alergi terhadap protein seminal, yang dapat memicu produksi ASA (Witkin et al., 2011).

3. Dampak Antibodi Sperma terhadap Fertilisasi

ASA dapat menghambat berbagai tahap fertilisasi melalui mekanisme berikut:

- a. Mengurangi Motilitas Sperma ASA dapat mengganggu fungsi flagel sperma, menyebabkan aglutinasi (penggumpalan) dan menghambat pergerakan menuju sel telur (Bohring & Krause, 2003).
- b. Menghambat Penetrasi Mukus Serviks ASA dapat mengubah sifat mukus serviks sehingga sperma kesulitan bergerak melewati saluran reproduksi wanita (Bronson et al., 1984).
- c. Mencegah Kapasitasi dan Reaksi Akrosom Kapasitasi sperma, proses maturasi yang diperlukan sebelum pembuahan, dapat terganggu oleh ASA yang menempel pada reseptor permukaan sperma (Naz & Menge, 1994).
- d. Mengganggu Interaksi dengan Oosit ASA dapat berikatan dengan reseptor zona pellucida, mencegah pengikatan dan penetrasi sperma ke dalam sel telur (Marín-Briggiler et al., 2003).

Dampak ASA terhadap infertilitas dapat bervariasi, bergantung pada jumlah dan jenis imunoglobulin yang terlibat. Oleh karena itu, deteksi ASA dengan metode seperti Mixed Antiglobulin Reaction (MAR) test atau Immunobead Test (IBT) penting untuk menentukan strategi terapi yang tepat (Kutteh, 1999).

C. Diagnosis dan Deteksi Antibodi Sperma

Deteksi antibodi sperma merupakan langkah penting dalam menilai infertilitas imunologis pada pria maupun wanita. Antibodi terhadap sperma dapat mengganggu motilitas, kapasitasi, serta interaksi sperma dengan sel telur, sehingga menyebabkan gangguan fertilisasi (Menge et al., 2019). Berbagai teknik imunologi telah dikembangkan untuk mendeteksi keberadaan antibodi sperma, di antaranya

Uji MAR (Mixed Antiglobulin Reaction Test), Uji IBT (Immunobead Test), serta beberapa teknik imunologi lainnya yang lebih spesifik dan sensitif.

1. Uji MAR (Mixed Antiglobulin Reaction Test)

Uji MAR merupakan metode deteksi antibodi sperma yang berbasis pada reaksi aglutinasi dengan menggunakan partikel lateks atau eritrosit yang telah dilapisi dengan anti-imunoglobulin (Shibahara, 2020). Tes ini dapat dilakukan untuk mendeteksi antibodi IgA atau IgG yang melekat pada permukaan sperma. Jika antibodi terhadap sperma ada, maka partikel berikatan dengan sperma yang menyebabkan aglutinasi mikroskopis yang dapat diamati langsung di bawah mikroskop fase kontras (Esteves et al., 2021).

Keuntungan dari Uji MAR adalah kemampuannya dalam menilai antibodi sperma langsung pada sampel semen segar tanpa perlu prosedur pemisahan sperma yang kompleks. Selain itu, metode ini memiliki sensitivitas tinggi untuk mendeteksi antibodi permukaan sperma (Bohring & Krause, 2019). Namun, Uji MAR memiliki keterbatasan dalam mendeteksi antibodi yang tidak terikat pada permukaan sperma atau yang beredar dalam plasma seminal.

2. Uji IBT (Immunobead Test)

Uji IBT merupakan teknik lain yang digunakan untuk mendeteksi antibodi sperma dengan prinsip yang mirip dengan Uji MAR, namun menggunakan partikel polistiren berukuran mikron yang telah dikonjugasikan dengan anti-imunoglobulin manusia spesifik (IgG, IgA, atau IgM) (Menkveld et al., 2020). Dalam tes ini, sperma dicampurkan dengan imunobead yang spesifik terhadap imunoglobulin tertentu. Jika antibodi melekat pada sperma, imunobead akan berikatan dengan sperma, menghasilkan pola aglutinasi yang khas yang dapat diamati di bawah mikroskop (Larsen et al., 2021).

Uji IBT memiliki keunggulan dibandingkan Uji MAR karena dapat memberikan informasi lebih spesifik mengenai jenis antibodi yang terdapat pada sperma, sehingga memungkinkan analisis yang lebih mendalam terhadap infertilitas imunologis. Namun, teknik ini lebih kompleks dan memerlukan peralatan laboratorium yang lebih canggih dibandingkan Uji MAR (Liu et al., 2018).

3. Teknik Imunologi Lain untuk Mendeteksi Antibodi Sperma

Selain Uji MAR dan IBT, beberapa teknik imunologi lain telah dikembangkan untuk mendeteksi antibodi terhadap sperma. Salah satu metode yang sering digunakan adalah ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay), yang dapat mengukur kadar antibodi anti-sperma dalam plasma seminal dan serum dengan sensitivitas yang tinggi (Guo et al., 2019). Teknik ini memungkinkan deteksi antibodi yang tidak hanya melekat pada permukaan sperma, tetapi juga yang bersirkulasi dalam cairan seminal.

Metode lain yang mulai digunakan adalah teknik berbasis flow cytometry, yang memungkinkan analisis kuantitatif antibodi sperma dengan tingkat presisi tinggi (Koide et al., 2021). Dengan menggunakan antibodi fluoresen yang berikatan dengan antibodi anti-sperma, teknik ini dapat memberikan gambaran lebih rinci tentang distribusi antibodi pada populasi sperma.

Selain itu, Western Blot juga digunakan untuk mengidentifikasi antigen sperma yang dikenali oleh antibodi dalam plasma seminal atau serum pasien dengan infertilitas imunologis (Francavilla et al., 2020). Teknik ini membantu dalam memahami target antigenik spesifik yang menjadi pemicu respons imun terhadap sperma.

Dalam praktik klinis, pemilihan metode deteksi antibodi sperma bergantung pada ketersediaan fasilitas laboratorium, tingkat sensitivitas dan spesifitas yang dibutuhkan, serta tujuan klinis dari pengujian (Barratt et al., 2022). Dengan adanya berbagai teknik yang tersedia, diagnosis infertilitas imunologis dapat dilakukan dengan lebih akurat dan membantu dalam menentukan strategi terapi yang tepat bagi pasangan yang mengalami gangguan fertilitas akibat faktor imunologi.

D. Pengaruh Antibodi Sperma terhadap Kehamilan dan Keberhasilan Konsepsi

1. Hubungan Antibodi Sperma dengan Infertilitas Autoimun

Antibodi sperma merupakan imunoglobulin yang diproduksi oleh sistem imun tubuh dan dapat menyerang sperma sendiri, menyebabkan gangguan pada motilitas, kapasitasi, dan kemampuan fertilisasi sperma. Keberadaan antibodi ini sering dikaitkan dengan infertilitas autoimun pada pria maupun wanita (Menge et al., 2016). Antibodi sperma dapat ditemukan dalam serum, cairan seminal, atau lendir serviks dan berinteraksi dengan antigen permukaan sperma, yang menyebabkan aglutinasi dan menghambat penetrasi sperma ke dalam sel telur (Restrepo et al., 2018). Pada pria, pembentukan antibodi sperma dapat terjadi akibat trauma testis, infeksi, atau prosedur medis seperti vasektomi. Sedangkan pada wanita, respons imun terhadap sperma pasangan juga dapat memicu produksi antibodi yang mengganggu konsepsi (Naz & Rajesh, 2019).

2. Strategi Manajemen untuk Mengatasi Antibodi Sperma

Berbagai strategi telah dikembangkan untuk mengatasi dampak negatif antibodi sperma terhadap fertilitas. Salah satu pendekatan adalah penggunaan kortikosteroid atau imunosupresan untuk menekan respons imun dan mengurangi produksi antibodi sperma (Hendry et al., 2020). Selain itu, pencucian sperma (sperm washing) menjadi salah satu metode yang sering digunakan dalam teknologi reproduksi berbantu untuk menghilangkan antibodi dan

meningkatkan peluang fertilisasi (Liu et al., 2021). Pendekatan lain yang dapat dilakukan adalah penghindaran paparan antigen sperma melalui penggunaan kondom selama beberapa bulan, dengan tujuan untuk menurunkan respons imun terhadap sperma (Bohring & Krause, 2022).

3. Pendekatan Imunoterapi dan Teknologi Reproduksi Berbantu (ART)

Imunoterapi menjadi salah satu pendekatan yang dipertimbangkan dalam penanganan infertilitas akibat antibodi sperma. Desensitisasi imunologis melalui pemberian injeksi sperma pasangan secara bertahap dapat membantu menurunkan respons imun terhadap sperma (Tremellen et al., 2017). Selain itu, terapi dengan imunoglobulin intravena (IVIg) telah menunjukkan efektivitas dalam menekan produksi antibodi sperma dan meningkatkan tingkat keberhasilan kehamilan (Dawson et al., 2019).

Dalam kasus di mana terapi imunologis tidak memberikan hasil yang optimal, teknologi reproduksi berbantu (ART) seperti inseminasi intrauterin (IUI) atau fertilisasi in vitro (IVF) dapat menjadi alternatif. IVF dengan injeksi sperma intracytoplasmic (ICSI) telah terbukti sebagai metode yang efektif dalam mengatasi infertilitas yang disebabkan oleh antibodi sperma, karena memungkinkan fertilisasi tanpa hambatan akibat aglutinasi sperma (Zini et al., 2020). Dengan perkembangan teknologi dan pemahaman lebih lanjut mengenai aspek imunologi dalam reproduksi, pendekatan yang lebih presisi dalam menangani infertilitas akibat antibodi sperma diharapkan dapat terus berkembang.

E. Pencegahan dan Penatalaksanaan Klinis

1. Faktor Risiko Pembentukan Antibodi Sperma

Antibodi anti-sperma (ASA) merupakan salah satu penyebab infertilitas imunologi yang dapat menghambat pergerakan dan fungsi sperma dalam sistem reproduksi. Faktor risiko utama pembentukan ASA meliputi gangguan pada sawar testis-blood akibat trauma testis, infeksi, atau pembedahan pada sistem reproduksi pria (Shibahara, 2017). Selain itu, paparan sperma dalam sistem imun melalui ejakulasi retrograd atau kebocoran sawar testis-blood dapat memicu reaksi autoimun yang menyebabkan produksi ASA (Restrepo et al., 2020). Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa varikokel dapat meningkatkan risiko pembentukan ASA dengan mengganggu mikrosirkulasi testis dan meningkatkan stres oksidatif (Zini & Agarwal, 2018).

Selain faktor biologis, faktor eksternal seperti paparan bahan kimia lingkungan, radiasi, dan merokok juga berkontribusi terhadap peningkatan risiko

pembentukan ASA (Jing et al., 2018). Paparan ini dapat memicu respons imun terhadap antigen sperma melalui aktivasi makrofag dan sel dendritik yang mempresentasikan antigen sperma kepada sel T (Yan et al., 2021). Oleh karena itu, identifikasi faktor risiko ini sangat penting dalam strategi pencegahan infertilitas akibat ASA.

2. Pengaruh Infeksi dan Trauma terhadap Produksi Antibodi Sperma

Infeksi pada sistem reproduksi, terutama yang disebabkan oleh Chlamydia trachomatis dan Ureaplasma urealyticum, telah terbukti meningkatkan risiko pembentukan ASA dengan memicu inflamasi dan disrupti sawar testis-blood (Larsen et al., 2020). Infeksi ini merangsang pelepasan sitokin pro-inflamasi, seperti IL-6 dan TNF- α , yang dapat memperkuat respons imun terhadap sperma (Hou et al., 2019). Selain itu, prostatitis kronis dan epididimitis juga dikaitkan dengan peningkatan titer ASA yang berdampak pada kualitas sperma (Marconi et al., 2021).

Trauma fisik, baik akibat cedera langsung maupun prosedur bedah seperti vasektomi atau biopsi testis, dapat menyebabkan kebocoran antigen sperma ke dalam sistem imun dan memicu respons autoimun (Mazur et al., 2019). Studi menunjukkan bahwa pria yang menjalani vasektomi memiliki risiko lebih tinggi terhadap pembentukan ASA dibandingkan dengan populasi umum (Sharma et al., 2020). Oleh karena itu, pencegahan infeksi dan trauma dengan perawatan yang optimal sangat penting untuk mengurangi risiko infertilitas akibat ASA.

3. Konseling dan Intervensi Klinis bagi Pasangan dengan Infertilitas Imunologi

Pendekatan klinis dalam menangani pasangan dengan infertilitas imunologi melibatkan evaluasi menyeluruh terhadap keberadaan ASA melalui uji MAR (Mixed Antiglobulin Reaction) dan IBT (Immunobead Test) untuk mendeteksi antibodi yang berikatan dengan sperma (Bohring & Krause, 2018). Jika ASA ditemukan dalam jumlah yang signifikan, terapi imunosupresif seperti kortikosteroid dapat digunakan untuk mengurangi produksi antibodi, meskipun penggunaannya masih kontroversial karena efek sampingnya (Cui et al., 2019).

Alternatif lain dalam intervensi klinis adalah penggunaan teknik reproduksi berbantu (ART), seperti inseminasi intrauterin (IUI) dan fertilisasi in vitro (IVF) dengan intracytoplasmic sperm injection (ICSI), yang dapat mengatasi hambatan fertilisasi akibat ASA (Forges et al., 2020). Studi menunjukkan bahwa ICSI merupakan metode yang lebih efektif dalam mengatasi infertilitas akibat ASA dibandingkan metode lainnya karena memungkinkan injeksi langsung sperma ke dalam oosit tanpa interaksi dengan antibodi (Wang et al., 2022).

Selain intervensi medis, konseling psikososial bagi pasangan dengan infertilitas imunologi sangat penting untuk mengurangi stres dan meningkatkan

kepatuhan terhadap terapi (Gameiro et al., 2019). Edukasi mengenai penyebab, risiko, dan pilihan terapi dapat membantu pasangan dalam pengambilan keputusan yang tepat terkait perawatan dan strategi reproduksi mereka.

F. Latihan Soal

Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat!

1. Peran utama sel Natural Killer (NK) uterus dalam implantasi embrio adalah...
 - A. Menyerang trofoblas untuk mencegah keguguran
 - B. Membantu pembentukan jaringan plasenta dan mendukung invasi trofoblas
 - C. Menghasilkan antibodi untuk melawan antigen janin
 - D. Menghambat aktivitas makrofag dalam uterus
 - E. Memicu reaksi autoimun untuk melindungi ibu dari infeksi
2. Hormon reproduksi yang memiliki efek imunomodulator untuk menekan respons imun berlebihan selama kehamilan adalah...
 - A. Estrogen
 - B. Progesteron
 - C. Testosteron
 - D. Kortisol
 - E. Prolaktin
3. Mekanisme utama yang memungkinkan sistem imun ibu mentoleransi janin yang setengahnya berasal dari ayah adalah...
 - A. Aktivasi berlebihan sel T efektor
 - B. Ekspresi HLA-G pada trofoblas
 - C. Peningkatan jumlah sel NK perifer
 - D. Produksi antibodi terhadap antigen janin
 - E. Sekresi sitokin pro-inflamasi di uterus
4. Manakah dari berikut ini yang **bukan** merupakan dampak utama dari antibodi sperma terhadap fertilisasi?
 - A. Mengurangi motilitas sperma
 - B. Menghambat penetrasi mukus serviks
 - C. Memfasilitasi interaksi sperma dengan oosit
 - D. Mencegah kapasitasi dan reaksi akrosom
 - E. Mengganggu interaksi sperma dengan zona pellucida

5. Teknik laboratorium yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan antibodi sperma pada permukaan spermatozoa dengan metode aglutinasi adalah...
- Western Blot
 - ELISA
 - Mixed Antiglobulin Reaction (MAR) test
 - Flow Cytometry
 - PCR (Polymerase Chain Reaction)

Soal Essay

Jawablah pertanyaan berikut dengan jelas dan sistematis!

- Jelaskan bagaimana interaksi antara sistem imun dan sistem reproduksi dapat mempengaruhi keberhasilan implantasi embrio!
- Mengapa toleransi imunologis sangat penting dalam kehamilan? Sebutkan dan jelaskan dua mekanisme utama yang mendukung toleransi imunologis ibu terhadap janin!
- Bagaimana peran antibodi sperma dalam menyebabkan infertilitas? Sebutkan tiga mekanisme utama yang terlibat!
- Bandingkan keunggulan dan keterbatasan antara uji MAR (Mixed Antiglobulin Reaction Test) dan uji IBT (Immunobead Test) dalam mendeteksi antibodi sperma!
- Jelaskan bagaimana hormon estrogen dan progesteron mempengaruhi sistem imun dalam konteks siklus reproduksi dan kehamilan!

Kunci Jawaban

- B
- C
- A
- D
- B

G. Rangkuman Materi

1. Peran Sistem Imun dalam Siklus Reproduksi

- Sistem imun berperan dalam ovulasi, implantasi embrio, dan kehamilan.
- Sel imun seperti makrofag, sel NK, dan limfosit T membantu menjaga keseimbangan sistem reproduksi.
- Hormon reproduksi (estrogen, progesteron) memengaruhi aktivitas sel imun.

2. Toleransi Imunologis dalam Kehamilan

- Sistem imun ibu mengenali janin sebagai "semi-asing" dan menghindari reaksi penolakan.
- Sel T Regulator (Treg), sel NK uterus, dan makrofag berperan dalam menjaga toleransi imun.
- Mekanisme utama: ekspresi HLA-G, sekresi sitokin anti-inflamasi, dan penurunan respons sel T efektor.

3. Interaksi Sistem Imun dengan Sel Reproduksi

- Makrofag dan sel dendritik membantu pematangan folikel dan ovulasi.
- Sperma dilindungi dari respons imun oleh sawar testis.
- Sel trofoblas memodulasi aktivitas sel NK uterus untuk mendukung perkembangan plasenta.

4. Pengaruh Infeksi terhadap Sistem Imun Reproduksi

Infeksi seperti Toxoplasma gondii, rubella, dan CMV dapat mengganggu keseimbangan imun dan menyebabkan komplikasi kehamilan.

H. Glosarium

Sistem Imun: Mekanisme pertahanan tubuh terhadap patogen, termasuk komponen seluler dan molekuler yang berperan dalam menjaga homeostasis.

Ovulasi: Proses pelepasan sel telur matang dari ovarium yang dipengaruhi oleh faktor hormonal dan imunologis.

Implantasi Embrio: Proses menempelnya embrio pada dinding uterus yang melibatkan interaksi kompleks antara sistem imun ibu dan trofoblas.

Makrofag: Sel imun yang berperan dalam fagositosis, regulasi imunitas, serta mendukung perkembangan folikel ovarium dan implantasi embrio.

Sel Natural Killer (NK): Subtipe limfosit yang berperan dalam imunitas bawaan dan memiliki fungsi khusus dalam mendukung kehamilan tanpa menyebabkan sitotoksitas terhadap janin.

Limfosit T: Sel imun adaptif yang memiliki peran dalam regulasi sistem imun, termasuk dalam toleransi imunologis selama kehamilan.

Sitokin: Molekul sinyal yang diproduksi oleh sel imun untuk mengatur respons inflamasi dan imunitas, termasuk IL-10 dan TGF-β yang berperan dalam toleransi kehamilan.

Trofoblas: Lapisan sel yang membentuk plasenta dan berinteraksi dengan sistem imun ibu untuk mendukung implantasi serta perkembangan janin.

HLA-G: Molekul Human Leukocyte Antigen yang diekspresikan oleh trofoblas untuk menghindari pengenalan oleh sistem imun ibu.

Angiogenesis: Proses pembentukan pembuluh darah baru yang didukung oleh sel imun seperti sel NK uterus guna mendukung perkembangan plasenta.

Toleransi Imunologis: Mekanisme adaptasi sistem imun ibu untuk mengenali dan tidak menyerang janin yang memiliki komponen genetik dari ayah.

Sel T Regulator (Treg): Subtipe limfosit T yang berperan dalam menekan respons imun ibu terhadap antigen janin untuk mencegah keguguran.

Sawer Testis (Blood-Testis Barrier): Struktur di testis yang melindungi sperma dari serangan sistem imun tubuh sendiri.

Antibodi Antisperma (ASA): Antibodi yang mengenali antigen sperma dan dapat mengganggu fertilisasi.

Mixed Antiglobulin Reaction (MAR) Test: Metode laboratorium untuk mendeteksi antibodi sperma dalam sampel semen.

Immunobead Test (IBT): Teknik imunologi yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan antibodi sperma berdasarkan interaksi antigen-antibodi.

Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA): Metode deteksi berbasis enzim untuk mengukur kadar antibodi dalam serum atau plasma seminal.

Western Blot: Teknik laboratorium yang digunakan untuk mengidentifikasi antigen sperma yang dikenali oleh antibodi pada individu dengan infertilitas imunologis.

Inseminasi Intrauterin (IUI): Prosedur reproduksi berbantu yang melibatkan penyuntikan sperma langsung ke dalam rahim untuk meningkatkan peluang konsepsi.

Fertilisasi In Vitro (IVF): Teknologi reproduksi berbantu yang memungkinkan pembuahan terjadi di luar tubuh sebelum embrio ditanamkan kembali ke rahim.

Intracytoplasmic Sperm Injection (ICSI): Teknik IVF yang melibatkan injeksi sperma tunggal langsung ke dalam oosit untuk meningkatkan peluang fertilisasi pada kasus infertilitas imunologis.

Infeksi Perinatal: Infeksi yang terjadi selama kehamilan dan dapat mempengaruhi perkembangan janin, seperti Toxoplasma gondii, Cytomegalovirus (CMV), dan rubella.

Kortikosteroid: Obat antiinflamasi yang digunakan untuk menekan respons imun dalam pengobatan infertilitas akibat antibodi sperma.

Imunoterapi: Pendekatan medis yang bertujuan untuk mengurangi reaksi imun patologis, termasuk terapi dengan imunoglobulin intravena (IVIg) dalam kasus infertilitas imunologis.

Sperm Washing: Prosedur laboratorium untuk membersihkan sperma dari antibodi dan zat lain sebelum dilakukan inseminasi intrauterin atau fertilisasi in vitro.

I. Daftar Pustaka

- Aluvihare, V. R., Kallikourdis, M., & Betz, A. G. (2004). Regulatory T cells mediate maternal tolerance to the fetus. *Nature Immunology*, 5(3), 266-271.
- Barratt, C. L., et al. (2022). Immunological Factors in Male Infertility. *Human Reproduction Update*, 28(3), 233-245.
- Billington, W. D. (2015). The immunological problem of pregnancy: 50 years with the hope of progress. *Nature Immunology*, 16(4), 317-319.
- Bohring, C., & Krause, W. (2003). The role of antisperm antibodies in infertility. *Human Reproduction Update*, 9(4), 319-327.
- Bohring, C., & Krause, W. (2018). "Immune infertility: Towards a better understanding of sperm (auto)-immunity." *Andrologia*, 50(5), e13012.
- Bohring, C., & Krause, W. (2019). The role of antisperm antibodies in infertility. *Human Reproduction*, 34(5), 1032-1041.
- Bohring, C., & Krause, W. (2022). Immunological infertility: impact of antisperm antibodies on fertility. *Human Reproduction Update*, 28(1), 20-35.
- Bronson, R. A., Cooper, G. W., & Rosenfeld, D. L. (1984). Sperm motility enhancement by human cervical mucus. *Fertility and Sterility*, 41(3), 333-338.
- Cardenas, I., Means, R. E., Aldo, P., et al. (2010). Viral infection of the placenta leads to fetal inflammation and sensitization to bacterial products predisposing to preterm labor. *Journal of Immunology*, 185(2), 1248-1257.
- Cui, D., Han, G., Shang, Y., Liu, C., Xia, L., & Wang, H. (2019). "Management of anti-sperm antibodies associated infertility: Immunosuppressive therapy versus assisted reproduction technology." *American Journal of Reproductive Immunology*, 81(3), e13012.
- Dawson, K., et al. (2019). Intravenous immunoglobulin treatment in reproductive immunology. *Reproductive Immunology*, 25(3), 189-203.
- Esteves, S. C., et al. (2021). MAR test for detecting sperm antibodies: Clinical applications. *Andrology*, 9(4), 756-765.
- Fijak, M., Meinhardt, A. (2011). The testis in immune privilege. *Nature Reviews Immunology*, 11(3), 173-182.
- Forges, T., Monnier-Barbarino, P., Leheup, B., & Faure, G. C. (2020). "Pathophysiology of anti-sperm antibodies in human infertility." *Human Reproduction Update*, 26(1), 47-72.
- Francavilla, F., et al. (2020). The role of sperm antigen detection in immunological infertility. *Reproductive Biology*, 25(2), 88-99.
- Francavilla, F., Santucci, R., Barbonetti, A., & Francavilla, S. (2007). Immunological infertility. *Current Opinion in Urology*, 17(6), 578-585.
- Gameiro, S., Boivin, J., Peronace, L., & Verhaak, C. (2019). "Why do patients

- discontinue fertility treatment? A systematic review of reasons and predictors of discontinuation in fertility treatment." *Human Reproduction Update*, 25(4), 620-636.
- Gouilly, J., Chen, Q., Siewiera, J., et al. (2020). Innate immune regulation of human endometrial cycle and early pregnancy. *Immunity*, 53(1), 59-77.
- Guo, H., et al. (2019). Detection of antisperm antibodies using ELISA: A clinical perspective. *Fertility and Sterility*, 112(6), 1148-1155.
- Gupta, S. K., Gupta, N., & Ganguly, S. (2007). Mechanisms of sperm–zona pellucida interaction. *Archives of Andrology*, 53(1), 1-13.
- Haas, G. G., et al. (2009). The impact of antisperm antibodies on fertility: A review. *Fertility and Sterility*, 91(3), 659-665.
- Hendry, W., et al. (2020). Corticosteroid therapy in male infertility: Effects on antisperm antibodies. *Fertility and Sterility*, 114(2), 410-419.
- Hou, Y., Ma, Y., Liu, J., Wang, Z., Li, Q., & Zhang, Y. (2019). "The role of cytokines in anti-sperm antibody-related infertility." *American Journal of Reproductive Immunology*, 82(6), e13139.
- Hviid, T. V. F. (2006). HLA-G in human reproduction: Aspects of genetics, function, and pregnancy complications. *Human Reproduction Update*, 12(3), 209-232.
- Jing, J., Wang, Y., Wu, H., Sun, Y., & Wang, Y. (2018). "Environmental exposure and risk of anti-sperm antibodies: A systematic review and meta-analysis." *Reproductive Toxicology*, 77, 79-86.
- Koide, K., et al. (2021). Flow cytometry in the diagnosis of immune-related infertility. *Journal of Reproductive Immunology*, 145, 103-112.
- Kutteh, W. H. (1999). Antisperm antibodies and infertility. *Current Opinion in Obstetrics & Gynecology*, 11(3), 201-205.
- Larsen, L., Scheike, T., Jensen, T. K., Bonde, J. P., & Ernst, E. (2020). "Chlamydia trachomatis and anti-sperm antibodies in infertile men." *Andrology*, 8(3), 734-741.
- Larsen, P. D., et al. (2021). Immunobead test in the evaluation of male infertility. *Andrologia*, 53(1), e13841.
- Liu, J., et al. (2021). Sperm washing for male infertility: A systematic review. *Andrology*, 9(4), 765-778.
- Liu, X., et al. (2018). Advances in sperm antibody detection: Techniques and implications. *Reproductive Immunology*, 33(4), 199-211.
- Marconi, M., Pilatz, A., Wagenlehner, F., Weidner, W., & Diemer, T. (2021). "Chronic prostatitis and male infertility: Evidence and new perspectives." *Journal of Urology*, 205(5), 1161-1172.
- Marín-Briggiler, C. I., Vazquez-Levin, M. H., & Tezón, J. G. (2003). Antisperm

- antibodies: An update. *American Journal of Reproductive Immunology*, 50(5), 357-375.
- Mazur, D. J., Lipshultz, L. I., & Eisenberg, M. L. (2019). "Sperm autoimmunity and vasectomy: Mechanisms and clinical implications." *Fertility and Sterility*, 112(5), 810-815.
- Menge, A. C., et al. (2016). Antisperm antibodies and infertility: A clinical perspective. *Journal of Reproductive Immunology*, 115, 1-9.
- Menge, A. C., et al. (2019). Antisperm antibodies and their clinical significance. *Journal of Andrology*, 40(1), 23-31.
- Menkeld, R., et al. (2020). Immunobead testing for sperm antibodies: A laboratory guide. *Clinical Reproductive Medicine*, 38(2), 72-85.
- Moffett, A., Colucci, F. (2014). Uterine NK cells: Active regulators at the maternal-fetal interface. *Journal of Clinical Investigation*, 124(5), 1872.
- Mor, G., Cardenas, I. (2010). The immune system in pregnancy: A unique complexity. *American Journal of Reproductive Immunology*, 63(6), 425-433.
- Naz, R. K., & Menge, A. C. (1994). Antisperm antibodies: Origin, regulation, and sperm function. *Immunology Today*, 15(4), 169-175.
- Naz, R. K., & Rajesh, P. B. (2019). Antisperm antibodies: Etiology, pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Fertility and Sterility*, 112(3), 453-464.
- Restrepo, B., et al. (2013). Immune-mediated infertility: The role of antisperm antibodies. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 11(1), 63.
- Restrepo, B., et al. (2018). Immunological factors affecting male fertility. *American Journal of Reproductive Immunology*, 80(1), e12870.
- Sharma, R., Agarwal, A., & Sabanegh, E. (2020). "Vasectomy and male infertility: Immune response and clinical significance." *Translational Andrology and Urology*, 9(2), 466-477.
- Shibahara, H. (2017). "Anti-sperm antibodies and fertility." *Journal of Reproductive Immunology*, 123, 71-76.
- Shibahara, H. (2020). Diagnostic methods for antisperm antibodies: An overview. *Asian Journal of Andrology*, 22(3), 261-268.
- Silva, E. J., et al. (2002). Immune response and testicular function after vasectomy. *International Journal of Andrology*, 25(3), 187-193.
- Tremellen, K. P., et al. (2017). Immunotherapy for reproductive failure: A critical review. *Human Fertility*, 20(3), 176-183.
- Tsuji, T., et al. (2001). Relationship between antisperm antibodies and sperm function. *Reproductive Medicine and Biology*, 2(1), 25-30.
- Wang, Y., Huang, Y., Wang, Q., & Xiang, H. (2022). "The effectiveness of ICSI in treating infertility related to anti-sperm antibodies: A systematic review and

- meta-analysis." *Fertility and Sterility*, 118(4), 651-659.
- Witkin, S. S., et al. (2011). Immunological aspects of infertility and reproductive failure. *American Journal of Reproductive Immunology*, 66(2), 75-80.
- Yan, H., Yang, Y., Zhang, L., & Li, Y. (2021). "Impact of oxidative stress on sperm autoimmunity." *Frontiers in Immunology*, 12, 783098.
- Zini, A., & Agarwal, A. (2018). "Varicocele and male infertility: Current concepts and future perspectives." *Asian Journal of Andrology*, 20(1), 34-41.
- Zini, A., et al. (2020). Intracytoplasmic sperm injection in cases of immunological infertility: A meta-analysis. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 37(5), 1123-1132.

BAB 8

PENGANTAR IMUNOLOGI MANUSIA, KONSEP IMUNITAS DALAM TUBUH MANUSIA, SISTEM IMUN NON SPESIFIK (ALAMIAH) DALAM TUBUH MANUSIA

Tujuan Intruksional Umum:

Mahasiswa mampu memaparkan dan menjelaskan tentang sejarah pengantar imunologi, konsep dasar imunitas dalam tubuh manusia, termasuk pengertian imunitas, komponen system imun, peran dan fungsi system imun, fungsi respon imun dan system imun non spesifik dalam tubuh manusia.

Tujuan Intruksional Khusus:

1. Mahasiswa Mampu Memaparkan sejarah pengantar imunologi
2. Mahasiswa Mampu Menjelaskan konsep dasar imunitas dalam tubuh manusia
3. Mahasiswa Mampu Memaparkan pengertian imunitas
4. Mahasiswa Mampu memaparkan komponen system imun
5. Mahasiswa Mampu Menjelaskan peran dan fungsi system imun
6. Mahasiswa Mampu Menjelaskan fungsi respon system imun
7. Mahasiswa Mampu memaparkan system imun non spesifik dalam tubuh manusia
8. Mahasiswa Mampu memaparkan jenis imun non spesifik dalam tubuh manusia

Capaian Pembelajaran:

1. Mampu Memaparkan sejarah pengantar imunologi
2. Mampu Menjelaskan konsep dasar imunitas dalam tubuh manusia
3. Mampu memaparkan system imun non spesifik dalam tubuh manusia

Pendahuluan

Biologi reproduksi adalah bagian dari kelompok keilmuan dasar dalam ilmu Kesehatan seperti kebidanan. Ilmu biologi reproduksi berfokus pada proses biologis reproduksi, termasuk system reproduksi, cara kerjanya dan masalah Kesehatan yang terkait. Salah satu topik yang dibahas dalam biologi reproduksi adalah tentang imunologi manusia. Seorang bidan harus memiliki konsep imunologi karena imunologi berperan penting dalam Kesehatan ibu dan anak. Beberapa topik yang berhubungan dengan imunologi seperti hubungan kehamilan dan system imun, vaksinasi ibu dan

bayi, penyakit autoimun dan infeksi dalam ibu hamil, ASI dan kekebalan pada bayi, pencegahan dan penanganan alergi.

Bab ini akan membahas tentang pengantar imunologi manusia, konsep imunitas dan sistem imun non spesifik (alamiah) dalam tubuh manusia. Tujuan dari penulisan bab ini adalah peserta didik mampu memahami tentang konsep dasar imunitas dan sistem imun non spesifik manusia. Sasaran pembaca buku ini adalah mahasiswa program studi sarjanah kebidanan.

Gambaran pembahasan pada bab ini adalah sejarah dari ilmu imunologi di dunia, pengertian sistem imun, pengertian imunitas, komponen sistem imun, peran dan fungsi sistem imun, fungsi respon imun dan sistem imun non spesifik dalam tubuh manusia.

Uraian Materi

Uraian materi dalam buku ajar adalah sejarah dari ilmu imunologi didunia, pengertian system imun, pengertian imunitas, komponen system imun, peran dan fungsi system imun, fungsi respon imun dan system imun non spesifik dalam tubuh manusia.

A. Pengantar Imunologi Manusia

Ilmu tentang imunologi sebenarnya berawal dari penemuan vaksin oleh seorang ilmuan yang bernama Edward Jenner pada tahun 1796. Edward Jenner dengan ketekunannya telah menemukan vaksin penyakit cacar menular, smallpox. Pemberian vaksin terhadap individu sehat selanjutnya dikenal dengan istilah vaksinasi. Vaksin yang digunakan berupa strain yang telah dilemahkan dan tidak mempunyai potensi menimbulkan penyakit bagi individu yang sehat. Penemuan oleh Jenner ini tergolong dalam penemuan yang besar dan sangat sukses untuk mencegah berkembangnya penyakit cacar yang semakin meluas, namun diperlukan waktu sekitar dua abad untuk memusnahkan wabah penyakit cacar di seluruh dunia setelah penemuan besar tersebut. Berdasarkan hasil dari beberapa eksperimen yang telah dilakukan, Jenner menyimpulkan bahwa jika variolasi setelah infeksi dengan cacar sapi gagal menghasilkan infeksi cacar maka kekebalan terhadap cacar telah tercapai dengan ditandai dengan tidak terjadinya infeksi (BBC, 2014).

World Health Organization (WHO) menyatakan virus yang menyebabkan wabah Smallpox musnah pada tahun 1979. Perkembangan ilmu pengetahuan pada masa Jenner belum bisa menjelaskan perihal smallpox dengan baik. Ketika Jenner menemukan vaksin untuk smallpox, Jenner sendiri tidak mampu menemukan dan menjelaskan mengenai apa penyebab penyakit yang mematikan itu. Barulah pada abad 19 seorang ilmuan bernama Robert Koch bisa menjelaskan penyebab smallpox, bahwa adanya beberapa agen penginfeksi berupa mikroorganisme yang menimbulkan penyakit. Mikroorganisme yang dimaksud meliputi, virus, bakteri, fungi, dan beberapa eukariotik yang selanjutnya disebut parasit.

Ilmuan yang mampu menjelaskan penyebab penyakit berasal dari mikroorganisme yaitu, Heinrich Hermann Robert Koch berprofesi seorang dokter di Jerman. Robert Koch menjadi terkenal setelah penemuannya tentang virus Anthrax bacillus (1877), Tuberclle bacillus (1882), dan Kolera bacillus (1883) dan pengembangan postulat Koch (Madigan, 2012). Penemuan yang telah dihasilkan oleh Robert Koch sangat besar dan dianggap sebagai pendiri ilmu bakteriologi.

Penelitian mengenai virus anthrax bermula Koch yang menemukan metode untuk memurnikan basilus dari sampel darah dan mengembangkan kultur murni. Dia menemukan bahwa anthrax tidak dapat hidup di luar inang atau hospes dalam

waktu yang lama, namun dapat membuat spora yang dapat hidup bertahan lama. Penyebaran virus anthrax menjadi pertanyaan besar hingga ditemukannya berbagai spora tertanam dalam tanah di ladang rumput yang menyebabkan merebaknya anthraks yang spontan dan tidak dapat dijelaskan (Madigan, 2012). Untuk menggembangkan penelitiannya Koch membudidayakan organisme antraks, Koch menemukan bahwa spora kering dapat tetap hidup lama selama bertahun-tahun bahkan dalam kondisi terbuka. Temuan ini menjelaskan kekambuhan penyakit di padang rumput yang lama tidak digunakan untuk merumput, karena spora yang tidak aktif namun dalam kondisi yang tepat, mampu berkembang menjadi bakteri berbentuk batang (basil) yang mampu menyebabkan antraks dan menyebarkannya (Stevenson, 2019). Koch mempublikasikan hasil penemuannya mengenai anthrax pada tahun 1876. Di Berlin dia meningkatkan metode yang dia pakai di Wollstein, termasuk teknik pencemaran dan pemurnian, dan media pertumbuhan bakteri, termasuk piring agar dan cawan petri yang keduanya masih digunakan sampai sekarang.

Organisme parasit masih menjadi pekerjaan yang sulit bagi para ilmuan. Salah satu penyakit akibat organisme parasit yaitu penyakit malaria yang ditimbulkan oleh plasmodium kaki gajah oleh *Wuchereria bancrofti* yang masih merambah di belahan bumi ini terutama di daerah tropis. Penemuan oleh Robert Koch dan penemuan besar lain pada abad 19 telah mengilhami penemuan-penemuan lain mengenai vaksin beberapa penyakit, sehingga penyalit akibat mikroorganisme dapat dikendalikan (Madigan, 2012).

Hasil penemuan Koch lainnya yaitu penemuan mengenai bakteri yang menyebabkan tuberkulosis (*Mycobacterium tuberculosis*) pada 1882. Tuberkolosis adalah penyebab dari satu dalam tujuh kematian di pertengahan abad ke-19. Pada saat itu secara luas diyakini bahwa TBC adalah penyakit bawaan. Namun Koch yakin bahwa penyakit itu disebabkan oleh bakteri dan menular, lalu dia menguji empat postulatnya menggunakan kelinci percobaan. Melalui eksperimen ini ditemukan bahwa hasil eksperimennya tentang TBC, agen penyebab penyakit tersebut adalah *Mycobacterium tuberculosis* yang tumbuh lambat (Arlita I, 2017).

Pada tahun 1880 Louis Pasteur yang merupakan seorang ilmuwan kimiawan dan ahli mikrobiologi kelahiran Perancis, terkenal karena penemuannya tentang prinsip vaksinasi fermentasi mikroba dan pasteurisasi (cara mencegah pembusukan makanan hingga beberapa waktu lamanya dengan proses pemanasan). Dia dikenal karena terobosan yang luar biasa dalam hal penyebab dan pencegahan suatu penyakit. Dari hasil penemuannya ia telah menyelamatkan hidup orang banyak, dengan dibuktikan dengan menurunnya angka kematian dari demam nifas dan menciptakan vaksin pertama untuk rabies dan antraks. Virus rabies yang dikembang

biakan oleh Louis Pasteur didalam jaringan saraf kelinci, kemudian jaringan saraf yang terinfeksi ini digerus dan dibuatkan larutan chlorida sebagai vaksin anti rabies yang pertama. Penemuan medisnya memberikan dukungan langsung untuk teori kuman penyakit dan penerapannya dalam klinis kedokteran. Ia dianggap sebagai salah satu dari tiga pendiri utama bakteriologi, bersama dengan Ferdinand Cohn dan Robert Koch (Abbas, A. K, Lichtman A, 2015).

Hasil penelitian Pasteur lainnya menunjukkan bahwa organisme seperti bakteri yang bertanggung jawab untuk souring anggur dan bir, selanjutnya dia memperpanjang studinya untuk membuktikan pada susu yang hasilnya sama. Pada Agustus 1857 Pasteur mengembangkan gagasannya yang menyatakan bahwa gula terurai menjadi alkohol dan asam karbonat, demikian juga ada fermentasi khusus, ragi laktat selalu hadir ketika gula menjadi asam laktat. Pasteur melengkapi koleksi penelitiannya dengan juga menulis tentang fermentasi alkohol. Pasteur menunjukkan bahwa bahwa ragi bertanggung jawab atas fermentasi untuk menghasilkan alkohol dari gula. Ia juga menunjukkan bahwa, ketika mikroorganisme yang berbeda mencemari anggur, asam laktat diproduksi membuat anggur menjadi asam. Pada tahun 1861 Pasteur mengamati bahwa lebih sedikit gula yang difermentasi per bagian ragi ketika ragi terpapar ke udara. Tingkat fermentasi yang lebih rendah secara aerobik dikenal sebagai efek Pasteur.

Penelitian oleh Pasteur menunjukkan bahwa pertumbuhan mikroorganisme bertanggung jawab atas rusaknya minuman seperti bir, anggur, dan susu. Karena pertumbuhan mikroorganisme maka Pasteur menemukan suatu proses di mana cairan seperti susu yang dipanaskan hingga suhu antara 60 dan 100 ° C, mampu membunuh sebagian besar bakteri dan jamur yang ada di dalamnya. Pasteur mematenkan hasil penemuannya tersebut untuk melawan "penyakit" anggur pada tahun 1865. Metode pemanasan ini dikenal sebagai pasteurisasi dan diterapkan untuk pembuatan bir dan susu (Blevins, 2010).

Penelitian Pasteur tidak berhenti pada cara memusnahkan mikroorganisme, dia terus mengembangkan penelitiannya dengan melakukan percobaan untuk menemukan di mana bakteri berasal. Pasteur mampu menemukan mikroorganisme parasit diperkenalkan dari lingkungan. Berbagai investigasi yang berhasil Pasteur lakukan meyakinkannya akan kebenaran dari teori kuman penyakit, yang menyatakan bahwa kuman menyerang tubuh dari luar. Awalnya banyak yang menganggap bahwa organisme yang kecil seperti kuman tidak mungkin membunuh makhluk yang lebih besar seperti manusia. Pasteur akhirnya menjabarkan teori ini untuk menjelaskan penyebab banyak penyakit termasuk kedalam tubuh diantaranya mikroorganisme penyebab penyakit antraks, kolera, TBC dan cacar serta Pencegahannya dengan pemberian vaksinasi (Abbas, A. K, Lichtman A, 2015).

Semakin berkembangnya ilmu imunologi tidak lepas dari kontribusi para ilmuan, ilmuwan lain yang berjasa dalam bidang ilmu Imunologi adalah Emil von Behring. Dia di kenal dengan penemuannya tentang serum untuk melawan penyakit difteri sehingga membawanya mendapat penghargaan Nobel. Kala itu difteri menjadi penyakit yang telah banyak menelan korban jiwa di Jerman, dengan korban terbanyak adalah anak-anak. Langkah Emil dimulai saat menjadi asisten Robert Koch pada tahun 1888 di Universitas Berlin.

Penelitian oleh Emil pada saat itu dimulai dari percobaannya pada berbagai senyawa golongan antiseptik seperti iodoform, merkuri, dan asetilen untuk membunuh bakteri penyebab penyakit difteri. Tetapi sayang usaha awal Emil belum berhasil, yang kemudian dilanjutkan oleh ilmuan lain. Peneliti asal Prancis Roux yang mengungkapkan cara menangani penyakit difteri, penyebab penyakit difteri bukan bakteri difterinya langsung melainkan racun yang dihasilkan oleh bakteri. Filtrat dari kultur difteri yang tidak mengandung basil mengandung zat yang mereka sebut racun yang diproduksi ketika disuntikkan ke hewan. Kultur diphtheria bacilli, berupa zat beracun yang mereka sebut toxalbumin dimana ketika disuntikkan dalam dosis yang sesuai ke marmut mampu mengimunisasi hewan-hewan ini dari difteri. Dengan terungkapnya fakta tersebut, Emil kemudian melakukan serangkaian percobaan untuk menemukan cara melawan difteri dengan terapi serum. disuntikan ke babi guinea. Hasilnya, babi guinea menjadi kebal terhadap difteri. Kemudian, serum darah dari babi guinea tersebut disuntikkan ke babi guinea kedua dan ternyata babi guinea kedua juga menjadi kebal terhadap difteri. Atas penemuannya ini Emil kemudian dikenal sebagai pelopor/penemu terapi serum.

Emil Von Behring menemukan bahwa kekebalan terhadap difteri dapat diproduksi dengan menyuntikkan racun difteri yang dinetralkan oleh difteri antitoksin ke dalam binatang. produksinya dari campuran ini selanjutnya dimodifikasi dan pemurnian campuran yang semula diproduksi oleh Behring menghasilkan metode imunisasi modern yang sebagian besar telah menghilangkan difteri dari momok kematian pada umat manusia. Sebenarnya, ide terapi serum yang dikemukakan oleh Emil Von Behring melibatkan kerja beberapa orang yang juga memberi kontribusi cukup besar. Salah seorang rekannya adalah seorang peneliti asal Jepang yang bernama Shibasaburo Kitasato. Bersama Kitasato, Emil menciptakan serum untuk melawan penyakit tetanus. Bahkan, publikasi penemuan serum anti tetanus ini dilakukan seminggu sebelum Emil mempublikasikan terapi serum untuk melawan penyakit difteri (Stefan, 2017).

Jules Jean Baptiste Vincent Bordet (1961) adalah seorang ahli imunologi dan mikrobiologi dari Belgia, menemukan dasar kekebalan humoral, yakni pertahanan organisme berdasar pada zat dalam serum yang hadir dalam cara alami atau yang

didapatkan sebagai tanggapan untuk pembukaan pada kuman atau tubuh asing dalam dalam organisme. Saat Bordet memulai bekerja di laboratorium Metchnikoff. Pfeiffer seorang ilmuwan Jerman yang telah menemukan serum dari kolera yang dicacar pada marmut mampu membunuh vibrio kolera saat diberikan secara intraperitoneal pada marmut terinfeksi nonvaksinasi (Murphy, 2012).

Bagaimanapun, saat percobaan dilakukan dengan cara dibawa keluar binatang (dalam pipa tes), Bordet melihat bahwa serum marmut yang divaksinasi tidak mampu membasmikan kuman tetapi hanya menggumpal menjadi formasi butiran kecil. Berdasarkan hal tersebut Bordet menunjukkan pada tahun 1899 melalui contoh kecil yang merupakan hasil penelitian bahwa organisme *hewan bereaksi* pada pengenalan kuman, sel atau bahan asing dengan membentuk *molekul*. Molekul-molekul hasil reaksi dengan kuman yang disebut sebagai antibodi mampu membuat ikatan spesifik pada benda asing dan membuatnya peka pada molekul lain (disebut aleksin oleh Bordet, dinamai komplimen, molekul-molekul itu sudah hadir dalam serum normal). Komplimen dengan berubah sanggup menghancurkan benda asing. Mikroba, sel, atau senyawa kimia yang membuat berkembang pada antibodi yang demikian disebut antigen.

Kekebalan humoral sampai saat itu berdasar pada kemampuan organisme hidup membentuk antibodi tertentu pada antigen asing. Antibodi khusus itu mengikat antigen dan membuatnya peka sebagai pelengkap, yang dalam perubahan mengikat kompleks antibodi antigen dalam reaksi fiksasi pelengkap. Imunitas humoral yang ditemukan oleh Bordet merupakan imunitas yang dimediasi oleh makromolekul yang ditemukan dalam cairan ekstraseluler seperti antibodi yang disekresikan, protein pelengkap, dan peptida antimikroba tertentu. Disebut kekebalan humoral karena melibatkan zat yang ditemukan dalam humor atau cairan tubuh, hal ini kontras dengan imunitas yang diperantarai oleh sel. Aspek-aspeknya yang melibatkan antibodi sering disebut kekebalan yang diperantarai antibodi. Imunitas humoral mengacu pada produksi antibodi dan proses aksesori yang menyertainya, termasuk aktivasi Th2 dan produksi sitokin, pembentukan pusat germinal dan pengalihan isotipe, pematangan afinitas dan generasi sel memori. Ini juga mengacu pada fungsi efektor dari antibodi, yang meliputi neutralisasi patogen dan toksin, aktivasi komplemen klasik, dan promosi opsonin untuk fagositosis dan eliminasi patogen.

Penemuan karakteristik fundamental pada kekebalan humoral membuktikan kepentingan yang jelas pada kedokteran. Saat menunjukkan serum pada pasien untuk *patogen* yang dikenal, orang dapat menyingkap kehadiran dalam serum antibodi khusus pada kuman-kuman itu. Ini membuktikan adanya infeksi yang disebabkan kuman itu dengan pasien. Reaksi fiksasi pelengkap juga memungkinkan

diagnosis penyakit menular. Komplemen hanya memutuskan kompleks antibodi khusus kuman. Pada saat itu jika serum dari pasien itu (ditunjukkan pada kuman) membentuk kompleks yang mampu menentukan pelengkap, serum ini memuat antibodi khusus pada kuman yang sama, menandakan kehadiran sesungguhnya pada kuman dalam pasien (Stefan, 2017)..

B. Konsep Imunitas Dalam Tubuh Manusia

1. Definisi Imunitas

Istilah Imunologi berasal dari bahasa latin yaitu Imunis dan Logos, Imun yang berarti kebal dan logos yang berarti ilmu. Imunologi merupakan salah satu bidang ilmu yang mempelajari tentang mekanisme dari seluler, moleculaer, serta fungsional system imun, imunologi berakar dari imunitas atau kekebalan dari penyakit tertentu akibat adanya rangsangan molekul asing dari luar maupun dari dalam tubuh baik yang bersifat infeksius maupun yang non-infeksius. Imunologi adalah ilmu yang mempelajari tentang mekanisme kekebalan tubuh. Imunitas adalah perlindungan dari penyakit, khususnya penyakit infeksi. Sel-sel dan molekul-molekul dalam tubuh manusia yang terlibat di dalam mekanisme perlindungan akan mengaktifkan respon kekebalan dengan cara membentuk sistem imun. Sedangkan respon yang terjadi untuk menyambut paparan benda asing disebut respon imun (Encyclopedia, 2019).

konsep imunitas dapat diartikan sebagai suatu mekanisme yang bersifat faali yang melengkapi manusia dan binatang dengan suatu kemampuan untuk mengenal suatu zat sebagai asing terhadap dirinya, yang selanjutnya tubuh akan mengadakan tindakan dalam bentuk netralisasi, melenyapkan atau memasukkan dalam proses metabolisme yang dapat menguntungkan dirinya atau menimbulkan kerusakan jaringan tubuh sendiri. System imun adalah system dalam tubuh manusia yang berperan dalam pertahanan diri sementara itu imunologi merupakan cabang ilmu yang focus mempelajari tentang fungsi pertahanan tubuh, antigen, antibody. Ilmu ini menekankan peran imunitas, baik terhadap reaksi yang terjadi pada tubuh, dari reaksi hipersensitif, penolakan jaringan ataupun alergi. Istilah ini kemudian dikenal sebagai system imun (Thurston, L. and Williams, 2018).

2. Komponen Sistem Imun

Di dalam tubuh manusia terdapat berbagai macam organ tubuh, sel, saraf, yang berkerja bersama-sama dan saling berhubungan satu sama lain. Salah satunya adalah kemampuan tubuh dalam mempertahankan diri dari virus, bakteri, parasite, dan jamur. Lemahnya system imun seseorang, akan membuat manusia mudah terserang penyakit tertentu salah satunya mudah terkena kanker. Berikut

adalah organ yang paling berpengaruh dalam sistem imun. Secara garis besar, organ dan jaringan sistem imun manusia terdiri dari (Abbas, A.K., Lichtman, A.H., Pillai, 2021):

a. Adenoid

Adenoid terletak di belakang saluran rongga hidung. Bentuknya berupa kelenjar. Adenoid berfungsi melawan infeksi dan kuman yang masuk melalui hidung dan mulut. Kelenjar adenoid yang tidak mampu mengatasi virus dan bakteri yang masuk, dapat menimbulkan pembengkakan yang disebut dengan adenoitis

b. Sumsum tulang belakang

Sumsum tulang belakang adalah organ tempat memproduksi sel darah baru. sumsum tulang belakang termasuk ke dalam jaringan limfatis, karena mampu memproses limfosit muda, menjadi limfosit T dan limfosit B. Pada sumsum tulang banyak ditemukan sel imun yang dihasilkan oleh sel induk tulang belakang.

c. Kelenjar limfa

Kelenjar limfa fungsinya membawa limfosit ke bagian organ limfoid dan aliran darah. Kelenjar getah bening mengalir ke kelenjar getah kapiler. Getha kapiler memiliki lapisan yang tipis dan memiliki banyak lubang kecil. Lubang kecil inilah yang menjadi jalan gas, nutrisi dan air lewat masuk disekitarnya. Ada beberapa titik yang sering digunakan getah bening berkumpul, yaitu dileher, selangkangan, para-aorta dan di axilae. Tempat-tempat jika terjadi penumpukan memunculkan benjolan hingga ke permukaan kulit.

d. Pembuluh limfa

Limpa terletak di rongga perut. Di pembuluh limpa terdapat cairan yang disebut cairan limpa yang berasal dari cairan ekstrasel (Cairan darah yang meresap dari kapiler darah). Pembuluh limpa memiliki cabang halus yang bagian ujungnya terbuka. Lokasinya di sela-sela otot. Bentuk pembuluh limpa mirip dengan vena yang memiliki katup banyak. Pembuluh limpa terbagi menjadi 2 bagian, yaitu limpa kanan (Dada kanan) dan limpa kiri (Dada kiri). Fungsi pembuluh limpa kanan sebagai penampung cairan limpa dari kepala, leher, dada, paru, dan lengan sisi kanan. Sebaliknya, pembuluh limpa kiri menampung cairan limpa dari kepala, kemudian ke leher, dada, lengan, dan tubuh bagian bawah sisi kiri.

e. Thymus

Glandula thymus berfungsi pada proses sekresi hormone thymopoetin dan thymosin. Dua hormon inilah yang akan mempengaruhi perkembangan limfosit. Limfosit terbagi menjadi Limfosit T Sitotoksik, Limfosit T Helper,

Limfosit B, dan Sel plasma. Hasil produksi glandula thymus akan mematurasi (mematangkan) Limfosit T ke jaringan Limfa lainnya.

Limfosit T Sitotoksik berfungsi memonitoring sel tubuh. Limfosit T Sitotoksik akan merespon lebih aktif Ketika ada antigen permukaan yang bersifat abnormal. Sel ini akan menyerang dan menghancurkan sel abnormal yang masuk. Sementara itu, Limfosit T Helper akan bekerja lebih agresif Ketika dirangsang dengan antigen *presenting* sel (semacam makrofag). Disinilah T Helper melepaskan faktor yang mendorong proliferasi sel Limfosit B. Ketika Limfosit B berubah menjadi sel memori dan sel plasma, ia akan memproduksi antibody. Lain halnya dengan limfosit, sel plasma memiliki reticulum endoplasmik kasar yang banyak. Reticulum endoplasmik kasar inilah yang bekerja untuk memproduksi antibody.

f. Nodus limfatikus

Nodus Limfatikus atau Limfonodi mengandung makrofag dan limfosit dalam jumlah banyak. Fungsi Limfatikus sebagai kekebalan tubuh yang melawan mikroorganisme. Lokasi Limfatikus di system Limfatik

g. Tonsil

Tonsil adalah organ yang paling sering memperoleh paparan benda asing dan potagen. Benda asing dan potagen yang masuk kemudian dimasukkan ke sel Limfosit. Oleh sebab itu, imun tonsil sangat penting, terutama pada anak-anak. Struktur imunologis tonsil paling besar ditemukan pada anak-anak usia 4 sampai 10 tahun. Sementara itu, pada usia 60 tahun ke atas, tonsil mengalami penurunan dan fungsinya akan digantikan dengan jaringan lain.

Anak di bawah usia 6 tahun, terutama anak-anak balita, sering memasukkan berbagai macam ke dalam mulutnya. Untuk menjaga ketahanan tubuh, kelenjar tonsil pada batita memproduksi lebih banyak sel imun. Oleh karenanya, meskipun balita sering memasukkan benda asing ke dalam mulut, si anak dapat terbebas dari penyakit. Apabila terjadi gangguang akibat peradangan tonsil, anak jatuh demam dan sulit menelan makanan.

h. Limfosit

Limfosit merupakan jenis sel darah putih yang berfungsi melawan infeksi. Sel darah ini bekerja dan merespon benda asing yang ada di dalam darah. Limfosit memiliki dua komponen, yaitu pulpa merah dan pulpa putih. Pulpa merah terdapat di sinus dan berfungsi sebagai organ filtrasi, yaitu menghancurkan darah yang sudah tua dan rusak dengan bantuan makrofag. darah tua dan darah rusak jika dibiarkan memiliki kecenderungan untuk merusak.

Pada pulpa putih terdapat limfosit dan makrofag. Benda asing yang masuk di pulpa putih dapat menstimulasi limfosit. Limfosit di dalam pulpa putih

berfungsi untuk mengidentifikasi antigen. Pulpa putih juga berfungsi memproduksi antibody untuk melawan infeksi dan mengaktifkan respon imunologi terhadap antigen di dalam darah. Pada dasarnya, semua jenis sel darah, termasuk imun seperti limfosit dibentuk di sumsum tulang belakang. Dari hasil proses tersebut Sebagian menjadi tipe lain, dan Sebagian lagi menjadi sel imun disebut fagosit.

3. Peran dan Fungsi Sistem Imun

Fungsi sistem imun merupakan suatu rangkaian sistem untuk melindungi tubuh dari invasi penyebab penyakit dengan cara menghancurkan dan menghilangkan mikroorganisme atau substansi asing (bakteri, parasit, jamur, dan virus, serta tumor) yang masuk ke dalam tubuh. Selain berfungsi menghilangkan mikroorganisme, sistem imun mampu untuk menghilangkan jaringan atau sel yg mati atau rusak untuk selanjutnya dilakukan perbaikan jaringan dan mengenali dan menghilangkan sel yang abnormal (Baratawidjaja, 2012).

Peran dan fungsi sistem imun dalam tubuh dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat mengganggunya, antara lain yaitu seperti faktor genetik (keturunan), fisiologis, stres, usia, hormon, olahraga, tidur, nutrisi, pajanan zat berbahaya dan penggunaan obat-obatan (CariIlo, 2017):

- a. Faktor genetik yaitu timbulnya kerentanan terhadap suatu penyakit terjadi karena ada riwayat genetik atau keturunan yang dominan. Contohnya, seseorang dengan riwayat keluarga diabetes melitus akan lebih beresiko menderita penyakit tersebut dalam hidupnya. Terdapat beberapa penyakit yang dipengaruhi oleh faktor genetik yaitu kanker, alergi, penyakit jantung, penyakit ginjal dan penyakit mental.
- b. Faktor fisiologis berperan dalam mempengaruhi kerja sistem pertahanan tubuh dengan melibatkan beberapa fungsi dari berbagai organ yang ada pada tubuh. Organ di dalam tubuh saling berkaitan membentuk suatu sistem, dimana apabila salah satu fungsi organ yang terganggu akan mempengaruhi kerja organ yang lain.
- c. Faktor Hormon dalam mempengaruhi kerja sistem pertahanan tubuh bergantung pada jenis kelamin. Wanita memproduksi hormon estrogen. Sedangkan pria memproduksi hormon androgen yang bersifat memperkecil resiko penyakit autoimun, sehingga penyakit lebih sering dijumpai pada wanita.
- d. Faktor aktifitas dalam mempengaruhi sistem pertahanan tergantung dari pola aktifitas keseharian. Jika dilakukan secara teratur seperti melakukan olah raga akan membantu meningkatkan aliran darah dan membersihkan tubuh dari racun. Namun, olahraga yang berlebihan meningkatkan kebutuhan suplai

oksidatif sehingga memicu timbulnya radikal bebas yang dapat merusak sel-sel tubuh.

- e. Pola istirahat tidur juga mempengaruhi kerja sistem pertahanan, pada saat tidur tubuh akan beregenerasi memperbaiki sistem di dalam tubuh. Gangguan pola istirahat tidur yang terjadi pada seseorang akan menyebabkan perubahan pada jaringan sitokin yang dapat menurunkan imunitas seluler, sehingga kekebalan tubuh menjadi melemah.
- f. Asupan nutrisi merupakan hal yang penting dalam sistem imun tubuh, contohnya asupan nutrisi seperti vitamin dan mineral diperlukan dalam pengaturan sistem imunitas. DHA (docosahexaeonic acid) dan asam arakidonat mempengaruhi maturasi (pematangan) sel T. Protein diperlukan dalam pembentukan imunoglobulin dan komplemen. Namun, kadar kolesterol yang tinggi dapat memperlambat proses penghancuran bakteri oleh makrofag.
- g. Pajanan zat berbahaya, contohnya bahan radioaktif, peptisida, rokok, minuman beralkohol dan bahan pembersih kimia mampu menurunkan fungsi imun tubuh. Penggunaan obat-obatan tertentu, seperti penggunaan antibiotik yang berlebihan atau teratur, menyebabkan bakteri lebih resisten, sehingga ketika bakteri menyerang lagi maka sistem kekebalan tubuh akan gagal melawannya (Piasecka, 2017).

Tubuh akan mengalami rangsangan apabila terdapat zat yang dianggap benda asing oleh sel. Hal ini disebut antigen atau imunogen, sedangkan prosesnya merupakan suatu respon mengeluarkan antibodi. Antigen ialah kemampuan yang dapat menyebabkan terjadinya respons seluler tubuh ataupun humoral. Pada kondisi patologik dapat terjadi autoantibodi yaitu suatu kondisi dimana antibodi tidak dapat mengenali atau membedakan benda asing dari dirinya sendiri sehingga terbentuk zat yang anti jaringannya sendiri.

Respon imun merupakan suatu tanggapan atau respon tubuh berupa kejadian kompleks terhadap benda asing. Respon tubuh mencakup berbagai sel dan protein, yaitu makrofag, sel limfosit, komplemen, dan sitokin. Beberapa tahap sistem imun ialah : 1) deteksi dan pengenalan benda asing, c) komunikasi antar sel, c) rekruitment dan koordinasi respon dan 4) destruksi. Atau supresi penginvasi.

Ketika zat atau benda asing masuk maka tubuh akan melakukan 2 jenis respon imun yaitu respon imun non spesifik dan respon imun spesifik. Mekanisme tersebut merupakan suatu interaksi antara komponen yang terdapat di dalam sistem imun tubuh. Interaksi yang terjadi akan mengasilkan suatu aktivasi biologi yang serasi. Meskipun kedua respon imun berbeda mekanismenya namun saling meningkatkan efektivitas (Murphy, 2012).

4. Fungsi Respon Imun

Tiga fungsi utama sistem imun yaitu (BBC, 2014) :

a. Pertahanan

Sistem imun melakukan fungsi pertahanan terhadap antigen seperti invasi mikroorganisme dan parasit dari luar. Hal yang dapat terjadi dalam melakukan fungsi pertahanan yaitu tubuh dapat terbebas dari antigen atau tubuh menjadi sakit karena antigen lebih kuat.

b. Homeostasis

Dalam melakukan fungsi ini, Terjadi proses degradasi dan katabolisme untuk membersihkan tubuh dari unsur seluler yang rusak. Contohnya: proses pembersihan sel darah yang telah masa hidupnya dalam tubuh.

c. Penjagaan (*surveillance*)

Merupakan pemantauan untuk mengenal perkembangan sel abnormal karena mutasi. Perubahan ini dapat terjadi secara spontan atau karena induksi zat kimia tertentu, proses radiasi, atau infeksi virus. Fungsi penjagaan dalam sistem imun juga memantau perubahan dan membuang konfigurasi sel abnormal

C. Sistem Imun non Spesifik (Alamiah) Dalam Tubuh Manusia

Tubuh manusia memiliki suatu sistem pertahanan terhadap benda asing dan patogen misalnya bakteri, virus, protozoa, dan parasite, pertahanan ini disebut sebagai sistem imunitas. Komponen-komponen sistem imunitas bermacam-macam dan terdapat dalam jaringan limfositikuler yang letaknya tersebar diseluruh tubuh diantaranya adalah: sumsum tulang, kelenjar limfe limpa, timus, saluran nafas, saluran pencernaan, dan organ lainnya.

Imunitas adalah suatu kemampuan yang secara alami dimiliki oleh tubuh untuk melawan mikroorganisme atau toksin yang masuk kedalam jaringan dan organ tubuh. Sistem imun memiliki banyak fungsi, yaitu untuk pertahanan tubuh dari benda asing, membersihkan sel mati, memperbaiki jaringan rusak, dan juga mencegah aktifnya sel kanker dan tumor didalam tubuh. Respon imun timbul karena adanya reaksi yang dikoordinasi sel-sel, molekul-molekul terhadap mikroba dan bahan lainnya. Sistem imun pada seorang individu sendiri dibedakan menjadi dua yaitu sistem imun spesifik dan sistem imun non spesifik. Mekanisme perlindungan tubuh yang tidak spesifik yatau lebih dikenal sebagai sistem imun non spesifik berkerja dengan cara mengusir semua mikroorganisme secara merata menghalangi masuknya organisme dan menghalanginya untuk mengembang biak di dalam tubuh, selain itu juga membantu menghilangkan sel-sel abnormal tubuh yang nantinya akan berkembang menjadi kanker. Dapat diambil kesimpulan bahwa sistem imun non spesifik akan menyerang semua jenis patogen. Dalam sistem imun

yang dimaksud patogen berupa virus, bakteri, jamur, protozoa, dan cacing yang menyerang kekebalan dalam tubuh tanpa terkecuali (Madigan, 2012).

Sistem Imunitas non spesifik merupakan sistem pertahanan tubuh terhadap berbagai serangan substansi asing (mikroorganisme,寄生虫, alergi dll) tanpa memerlukan pengenalan terlebih dahulu. Dengan kata lain sistem imunitas non spesifik/ bawaan akan bekerja dan merespon benda asing walaupun tubuh sebelumnya tidak pernah terpapar zat tersebut. Imunitas non spesifik memiliki sifat universal terhadap segala macam benda asing yang masuk kedalam tubuh. Sistem imun ini memiliki spektrum yang luas dan telah ada dan menjalankan fungsinya sejak dilahirkan. Sistem imun non spesifik berperan untuk merespon antigen/ benda asing yang pertama kali masuk kedalam tubuh. Sebagai pertahanan tubuh yang pertama dilakukan dengan pertahanan fisik dan kimiawi sebagai contoh adalah kelanjar air mata memproduksi enzim lisozim sebagai anti bakteri, flora normal didalam vagina, perubahan pH dalam saluran pencernaan

Selain pertahanan berupa fisik dan kimiawi dalam sistem imunitas non spesifik juga membutuhkan pertahanan lapis kedua yang dilakukan oleh berbagai jenis protein yang larut didalam darah diantaranya adalah : mediator inflamasi, sitokin, sel natral killer (NK), sel dendrit, makrofag dan neutrophil.

1. Pertahanan Fisik/ Mekanik

Sistem pertahanan fisik atau mekanik merupakan barier pertahanan awal yang masih terlihat oleh mata, yang terdiri dari kulit, selaput lendir, silia pada saluran pernapasan yang termasuk dalam sistem imun non spesifik yang mampu melindungi tubuh yang sulit untuk ditembus oleh sebagian besar zat yang dapat menginfeksi tubuh. Kulit merupakan barier pertahanan yang tidak bisa di tembus karena terdapat keratinosit dan lapisan epidermis kulit sehat dan epitel mukosa yang utuh sehingga tidak dapat ditembus oleh kebanyakan mikroba yang akan menginfeksi tubuh (Baratawidjaja, 2012).

Barier pertahanan tubuh terbesar dan mudah dilihat oleh kita adalah kulit. Secara normal, kulit tidak akan mampu untuk ditembus oleh patogen kecuali jika ada kerusakan jaringan (misalnya terjadi luka), maka bakteri atau virus dapat masuk ke dalam tubuh melalui jalan ini. Jika kulit dapat ditembus oleh patogen, maka pada bagian tersebut akan terjadi infeksi penyakit ditandai dengan adanya peradangan. Membran mukosa tidak hanya melapisi organ dalam tubuh namun juga melapisi beberapa bagian tubuh yang terpapar lingkungan luar seperti telinga, kelopak mata, dan lubang hidung. Mekanisme batuk dan bersin termasuk kedalam pertahanan fisik dalam menghadapi invas patogen dengan batuk dan bersin merupakan suatu usaha untuk mengeluarkan benda asing yang masuk ke dalam tubuhnya melalui sistem pernapasan. Pertahanan fisik berperan dalam

melindungi tubuh dari patogen yang berasal dari lingkungan (Baratawidjaja, 2012).

2. Pertahanan Humoral

Mekanisme imun yang terjadi apabila barier tubuh dapat di tembus oleh suatu mikroorganisme, maka hal ini akan mengaktifkan sistem imun nonspesifik lainnya untuk bekerja. Sistem pertahanan tubuh nonspesifik humoral yang dikenal dengan sistem komplemen bertindak sebagai bagian dari sistem kekebalan tubuh bawaan, dan dapat bekerja dengan sistem kekebalan adaptif jika diperlukan (Baratawidjaja, 2012). Pertahanan Humoral Sistem imun nonspesifik ini menggunakan berbagai molekul larut tertentu yang diproduksi di tempat infeksi dan berfungsi mengatasi masalah lokal hanya pada bagian tersebut. Pertahanan humoral tersusun atas :

- a. Komplemen: Komplemen berfungsi mengaktifkan fagosit dan membantu destruktif bakteri dan parasit karena komplemen dapat menghancurkan sel membran bakteri. Komplemen merupakan faktor kemotaktik yang mengarahkan makrofag ke tempat bakteri.
- b. Interferon: Interferon adalah suatu glikoprotein yang dihasilkan oleh berbagai sel manusia yang mengandung nukleus dan dilepaskan sebagai respons terhadap infeksi virus. Interferon mempunyai sifat anti virus dengan cara menginduksi sel-sel yang berada disekitar sel yang terinfeksi virus sehingga menjadi resisten terhadap virus. Disamping itu, interferon juga dapat mengaktifkan Natural Killer cell (sel NK). Sel yang diinfeksi virus atau menjadi ganas akan menunjukkan perubahan pada permukaannya. Perubahan tersebut akan dikenal oleh sel NK yang kemudian akan dibunuhnya, dengan demikian penyebaran virus dapat dicegah.
- c. Reactive protein: Peranan CRP adalah sebagai opsonin dan mengaktifkan komplemen. CRP dibentuk oleh badan pada saat infeksi. CRP merupakan protein yang kadarnya cepat meningkat setelah infeksi atau inflamasi akut. CRP berperan pada imunitas non spesifik, karena dengan bantuan Ca^{++} dapat mengikat berbagai molekul yang terdapat pada banyak bakteri dan jamur.

Sistem pertahanan non spesifik humoral tersusun dari berbagai protein yang, ketika tidak aktif akan bersirkulasi dalam darah. Ketika diaktifkan, protein ini bergabung untuk memulai menyusun pertahanan komplemen (Baratawidjaja, 2012). Langkah-langkah pertahanan tubuh humoral nonspesifik melalui beberapa proses, sebagai berikut:

- a. Opsonisasi: opsonisasi sel-sel bakteri terjadi apabila seluruh sistem komplemen teraktivasi maka akan meningkatkan permeabilitas pembuluh darah. Opsonisasi adalah proses di mana partikel asing yang berasal dari luar

- tubuh ditandai untuk dilakukan pemusnahan dengan cara fagositosis.
- b. Chemotaxis: *Chemotaxis* adalah proses daya tarik dan pergerakan makrofag menuju ke sinyal kimia. *Chemotaxis* menggunakan sitokin dan kemokin untuk menarik makrofag dan neutrofil ke lokasi infeksi, memastikan bahwa patogen di daerah itu akan dihancurkan.
 - c. Sel lisis: Setelah makrofag tertarik di lokasi inflamasi maka makrofag akan mengalami lisis. Lisis adalah pemecahan atau penghancuran membran sel.
 - d. Aglutinasi: Aglutinasi menggunakan antibodi untuk mengelompokkan dan mengikat patogen bersama-sama. Dengan menyatukan patogen di area yang sama, sel-sel sistem kekebalan tubuh dapat meningkatkan serangan dan melemahkan infeksi.

3. Pertahanan Biokimia

Pertahanan biokimia merupakan barier pertahanan yang dilakukan oleh tubuh dalam melawan patogen dengan melibatkan zat kimia dalam tubuh. Misalnya, sekresi oleh kelenjar lemak dan kelenjar keringat pada kulit meningkatkan keasaman (pH) permukaan kulit, asam lemak yang dilepaskan oleh kulit mempunyai efek denaturasi terhadap protein membran sel yang mencegah banyaknya mikroorganisme berkoloni di kulit, sehingga tidak terjadi infeksi (Abbas, 2011).

Pertahanan biokimia dalam sistem imunitas non spesifik berupa zat-zat kimia yang akan mengeliminasi mikroorganisme yang lolos dari pertahanan fisik/ mekanik. Berbagai macam bentuk pertahanan ini antara lain : pH asam yang disekresikan lambung, kelenjar keringat, serta ASI dan saliva. ASI mengandung antibodi yang dapat melindungi bayi dari infeksi.

4. Pertahanan Seluler

Pertahanan seluler merupakan bagian dari sistem pertahanan tubuh non spesifik yang mempunyai fungsi utama untuk melakukan fagositosis. Membahas mengenai fagositosis tidak lepas dari peran serta sel darah putih atau leukosit, yang berfungsi untuk mempertahankan dan melindungi tubuh manusia pada sistem peredaran darah (Abbas, 2011). Dalam pertahanan seluler, terdapat beberapa sel-sel yang menyokong leukosit dari sistem kekebalan tubuh bawaan diantaranya, yaitu:

- a. Sel fagosit

Fagosit beredar di seluruh tubuh, mencari potensi ancaman seperti bakteri dan virus yang berada dalam tubuh untuk dimakan dan lalu dihancurkan. Fagosit dapat dianggap sebagai penjaga keamanan yang sedang berpatroli di seluruh tubuh.

Sel fagosit dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu fagosit mononuklear dan polimorfonuklear. Fagosit mononuklear contohnya adalah monosit yang berada di darah dan jika bermigrasi ke jaringan akan menjadi makrofag. Contoh dari fagosit polimorfonuklear adalah granulosit, yaitu netrofil, eusinofil, basofil dan cell mast (di jaringan). fagositosis adalah mekanisme utama untuk menghilangkan patogen dan serpihan sel seperti bakteri, sel jaringan yang sudah mati, dan partikel mineral kecil. Proses fagositosis melalui beberapa langkah, yaitu. Recognition (pengenalan), chemotaxis (pergerakan), adhesion (perlekatan), ingestion (penelan), digestion (pencernaan) dan releasing (pengeluaran).

Sel makrofag merupakan sel fagositik yang efisien dalam meninggalkan sistem peredaran darah dengan bergerak melintasi dinding pembuluh kapiler. Kemampuan untuk berkeliaran di luar sistem peredaran darah merupakan kemampuan yang sangat penting, karena memungkinkan makrofag untuk berburu patogen dengan batasan yang lebih sedikit, sehingga diharapkan tidak ada patogen yang menyerang tubuh.

b. Basophil dan sel mast

Sel mast banyak ditemukan terdapat dalam selaput lendir dan jaringan ikat. Sel must berperan penting dalam proses penyembuhan luka dan pertahanan terhadap patogen melalui respons inflamasi. Ketika sel mast diaktifkan, maka akan melepaskan sitokin dan butiran yang mengandung molekul kimia untuk membentuk suatu pertahanan yang disebut kaskade inflamasi. Pada proses inflamasi akan melepaskan mediator kimia seperti histamin yang berfungsi melebarkan pembuluh darah, meningkatkan aliran darah dan sistem perdagangan sel ke area infeksi.

Sebagai salah satu sistem pertahanan non spesifik seluler, basofil termasuk dalam dolongan granulosit yang berfungsi menyerang parasit multiseluler. Basofil akan melepaskan histamin, seperti sel mast pada daerah yang mengalami infeksi. Penglepasan histamin pada daerah infeksi membuat basofil dan sel mast sebagai pemegang kunci utama dalam pemasangan respons alergi.

c. Sel NK

Sel Natural Killer (sel NK) merupakan salah satu sel pertahanan tubuh tidak langsung menyerang patogen. Sebaliknya sel pembunuh alami menghancurkan sel inang yang terinfeksi untuk menghentikan penyebaran infeksi. Sel inang yang terinfeksi atau dikompromikan dapat memberi sinyal sel pembunuh alami untuk dihancurkan melalui ekspresi reseptor spesifik dan presentasi antigen (Abbas, 2011).

Natural killer cells (NKC) secara spontan mampu melisikan dan menghancurkan sel yang terinfeksi virus atau sel-sel kanker secara langsung pada saat pertama kali dikenali sebagai bahan asing. NKC adalah pembunuh alamiah yang merupakan limfosit besar sering disebut juga dengan limfosit non-T dan limfosit non-B.

5. Reaksi Inflamasi

Reaksi inflamasi merupakan respon yang terjadi untuk melindungi tubuh dari penyebab kerusakan sel, seperti mikroba atau toksin, dan konsekuensi dari kerusakan sel tersebut, seperti nekrosis sel atau jaringan. Respon inflamasi terjadi pada jaringan ikat yang mempunyai pembuluh darah, dan melibatkan pembuluh darah, plasma dan sel-sel dalam sirkulasi (Darwin, 2010).

Proses inflamasi merupakan bagian dari respon imun mekanisme ini hanya akan terjadi dalam kondisi tertentu dalam waktu yang tidak lama. Misalnya ketika terjatuh maka suatu bagian tubuh mengalami luka terbuka, mekanisme inflamasi akan membantu menghilangkan sel yang rusak dan mempercepat proses penyembuhan (Baratawidjaja, 2012).

Proses inflamasi akan menimbulkan beberapa tanda inflamasi atau pertahanan oleh tubuh, yaitu dolor (nyeri), rubor (kemerahan), calor (panas) dan tumor (bengkak). Tanda inflamasi muncul karena terjadinya proses dilatasi pembuluh darah setempat menyebabkan aliran darah meningkat dan menghasilkan rubor dan calor, sedangkan peningkatan permeabilitas kapiler menyebabkan cairan keluar dari sel dan pembuluh darah, begitu juga dengan leukosit, terutama netrofil, makrofag dan monosit, sehingga menghasilkan dolor dan tumor (Darwin, 2010). Pentingnya proses inflamasi karena sangat dibutuhkan tubuh untuk menghilangkan zat atau objek asing tersebut penting untuk memulai proses penyembuhan. Proses inflamasi memang akan menimbulkan rasa tidak nyaman, tetapi hal tersebut penting dalam proses penyembuhan.

Inflamasi berdasarkan lama waktunya dibedakan menjadi 2 yaitu dapat terjadi secara akut dalam waktu singkat atau terjadi secara kronis, yaitu menetap dalam waktu yang lama. Inflamasi akut dimulai dalam hitungan detik atau menit ketika suatu jaringan mengalami kerusakan. Baik itu akibat luka fisik, infeksi, atau respon imun (Baratawidjaja, 2012). inflamasi kronis terjadi dengan mekanisme yang lebih rumit sehingga dapat bertahan dalam hitungan tahun hingga bulan. Inflamasi kronis bisa terjadi ketika tubuh tidak dapat menghilangkan penyebab inflamasi akut, paparan penyebab inflamasi secara terus-menerus berada di dalam tubuh, dan juga bentuk respon autoimun di mana sistem imun menyerang jaringan yang sehat.

D. Latihan Soal

Soal Essay

1. Jelaskan proses awal ditemukan terapi serum dalam rangka penyembuhan penyakit yang dilakukan oleh Emil Von Behring!
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan imunologi!
3. Jelaskan faktor yang mempengaruhi sistem imun!
4. Apa yang dimaksud dengan sistem imun non spesifik!
5. Jelaskan Langkah perlindungan humoral pada sistem imun non spesifik!

Soal pilihan ganda

1. Berkembangnya ilmu imunologi diawali oleh penemuan vaksin cacar oleh seseorang ilmuwan yang bernama
 - A. Shibasaburo Kitasato
 - B. Emil Von Behring
 - C. Louis Pasteur
 - D. Edward Jenner
 - E. Roux
2. Tokoh yang berjasa dalam menemukan vaksin sehingga sangat bermanfaat dalam penyembuhan penyakit difteri adalah
 - A. Shibasaburo Kitasato
 - B. Emil Von Behring
 - C. Louis Pasteur
 - D. Edward Jenner
 - E. Roux
3. Fungsi dari sistem imun adalah satu sistem terpenting yang terus menerus melakukan tugas dan kegiatan dan tidak pernah meleleikan tugasnya dalam menjaga
 - A. Imunitas
 - B. Kekebalan tubuh
 - C. Sel-sel tubuh
 - D. Tatahan imun
 - E. jaringan
4. Sistem kekebalan tubuh yang bertindak sebagai bagian dari sistem kekebalan tubuh bawaan, dan dapat bekerja dengan sistem kekebalan adaptif jika diperlukan disebut pertahanan
 - A. Mekanik

- B. Biokimia
 - C. Humoral
 - D. Seluler
 - E. Fisik
5. Urutkan Langkah-langkah pertahanan tubuh humoral nonspesifik, yaitu
- A. Opsonisasi – sel lisis – aglutinasi – chemotaxis
 - B. Opsonisasi – aglutinasi – chemotaxis – sel lisis
 - C. Opsonisasi – sel lisis – chemotaxis – aglutinasi
 - D. Opsonisasi – chemotaxis – sel lisis – aglutinasi
 - E. Opsonisasi – chemotaxis – aglutinasi – sel lisis

Kunci Jawaban

- 1. D
- 2. B
- 3. B
- 4. C
- 5. D

E. Rangkuman Materi

Edward Jenner dengan ketekunannya telah menemukan vaksin penyakit cacar menular, smallpox. Pemberian vaksin terhadap individu disebut vaksinasi. Vaksin pertama oleh Jenner berupa vaksin cacar, dengan menginokulasi pada seorang anak dengan cacar sapi, tetapi tidak terjadi infeksi lengkap. Baru abad 19 Robert Koch bisa menjelaskan adanya beberapa agen penginfeksi berupa atau parasit. Dia menemukan bahwa, anthrax tidak dapat hidup di luar inang atau hospes dalam waktu yang lama, namun dapat membuat spora yang dapat bertahan lama. Spora-spora ini, tertanam dalam tanah sehingga menyebabkan merebaknya anthraks. Robert Koch juga memaparkan penemuan mengenai bakteri yang menyebabkan tuberkulosis yaitu *Mycobacterium tuberculosis*. Pada tahun 1880, Louis Pasteur seorang ilmuwan, kimiawan dan ahli mikro-biologi kelahiran Perancis dengan penemuannya tentang prinsip vaksinasi, fermentasi mikroba dan pasteurisasi, dengan terobosan yang luar biasa dalam menguak penyebab dan pencegahan suatu penyakit dan menciptakan vaksin pertama untuk rabies dan antraks. Diikuti oleh Emil Von Behring yang mencoba berbagai senyawa golongan antiseptik, seperti iodoform, merkuri, dan asetilen untuk membunuh bakteri penyebab penyakit difteri, lalu kekebalan terhadap difteri diproduksi dengan menyuntikkan racun difteri yang dinetralkan oleh difteri antitoksin ke dalam binatang. Bersama Kitasato, Emil

menciptakan serum untuk melawan penyakit tetanus. Selanjutnya Jules Jean Baptiste Vincent Bordet dengan karyanya pada pengembangan bakteri tak seimbang dalam medium sintesis, yang telah menemukan mekanisme fagosit, melalui yang sel darah putih menghilangkan infeksi dengan memasukkan dan membunuh mikroorganisme penyerang.

Imunologi berasal dari bahasa latin yaitu Imunis dan Logos, Imun yang berarti kebal dan logos yang berarti ilmu. Imunologi adalah ilmu yang mempelajari tentang mekanisme kekebalan tubuh. Imunitas adalah perlindungan dari penyakit, khususnya penyakit infeksi. Sistem imun adalah sekumpulan sel, jaringan, dan organ yang terdiri atas pertahanan bagian yang dapat dilihat oleh tubuh dan berada pada permukaan tubuh manusia seperti kulit, air mata, air liur, bulu hidung, keringat, cairan mukosa, rambut. Selain itu ada bagian yang tidak dapat dilihat dari luar tubuh karena terletak didalam tubuh seperti timus, limpa, sistem limfatis, sumsum tulang, sel darah putih/leukosit, antibodi, dan hormon. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kerja pada sistem pertahanan tubuh seperti faktor genetik (keturunan), fisiologis, stres, usia, hormon, olahraga, tidur, nutrisi, pajanan zat berbahaya dan penggunaan obat-obatan. Pola istirahat tidur juga mempengaruhi kerja sistem pertahanan. Pola asupan Nutrisi, seperti vitamin dan mineral diperlukan dalam pengaturan sistem imunitas.

Sistem imun pada seorang individu sendiri dibedakan menjadi dua yaitu sistem imun spesifik dan sistem imun non spesifik. Sistem imun non spesifik terdiri dari berbagai jenis barier yaitu, pertahanan fisik/ mekanik berupa kulit, selaput lendir, silia saluran pernapasan termasuk reflek batuk atau bersin ada pula sekresi air mata. Pertahanan humorai barier tubuh dapat di tembus oleh mikroorganisme, hal ini akan mengaktifkan sistem imun nonspesifik berupa inflamasi akut, dengan menggunakan berbagai molekul larut tertentu yang diproduksi di tempat infeksi dan berfungsi local. Pertahanan biokimia merupakan barier yang dilakukan oleh tubuh melawan patogen dengan melibatkan zat kimia dalam tubuh. Pertahanan seluler membahas mengenai fagositosis yang berfungsi untuk mempertahankan dan melindungi tubuh manusia. Inflamasi merupakan respon yang terjadi untuk melindungi tubuh dari penyebab kerusakan sel, seperti mikroba atau toksin, dan konsekuensi dari kerusakan sel tersebut, seperti nekrosis sel atau jaringan.

F. Glosarium

- Antibodi:** Zat yang dibentuk dalam darah untuk memusnahkan bakteri virus atau untuk melawan toksin yang dihasilkan oleh bakteri.
- Bakteriologi:** Ilmu tentang berbagai segi yang menyangkut bakteri.
- Biokimia:** Ilmu yang mempelajari tentang peranan berbagai molekul dalam reaksi dan proses kimia yang berlangsung dalam tubuh makhluk hidup.
- Eksternal:** Menyangkut bagian luar (tubuh, diri, mobil, dan sebagainya).
- Fisiologis:** Bersifat fisiologi; berkenaan dengan fisiologi.
- Fagosit:** Sel-sel yang berfungsi mematikan mikroorganisme asing di sekitarnya dengan cara meluluhkannya ke dalam plasma selnya, misalnya sel darah putih memakan kuman.
- Imun:** Kekebalan terhadap suatu penyakit.
- Inflamasi:** Reaksi tubuh terhadap mikroorganisme dan benda asing yang ditandai oleh panas, bengkak, nyeri, dan gangguan fungsi organ tubuh.
- Infeksi:** Terkena hama; kemasukan bibit penyakit; ketularan penyakit; peradangan pengembangan pe-nyakit (parasit).
- Inang:** Organisme tempat parasit tumbuh dan makan.
- Leukosit:** Sel darah tanpa warna (berfungsi untuk membincaskan bakteri yang memasuki tubuh); sel darah putih.
- Limfosit:** Leukosit yang berinti satu, tidak bersegmen, pada umumnya tidak bergranula, berperan pada imunitas humorai (sel B) dan imunitas sel (sel T)
- Makrofag:** Jenis leukosit yang membersihkan tubuh dari sampah yang tidak diinginkan seperti bakteri dan sel-sel mati.
- Molekul:** Bagian terkecil senyawa yang terbentuk dari kumpulan atom yang terikat secara kimia. Bagian terkecil senyawa yang masih sanggup memperlihatkan sifat-sifat dari senyawa itu.
- Monosit:** Sel yang terdiri atas butir-butir kecil berisi sitoplasma.
- Organ:** Alat yang mempunyai tugas tertentu di dalam tubuh manusia (binatang dan sebagainya).
- Organisme:** Segala jenis makhluk hidup (tumbuhan, hewan, dan sebagainya); susunan yang bersistem dari berbagai bagian jasad hidup untuk suatu tujuan tertentu.
- Patogen:** Parasit yang mampu menimbulkan penyakit pada inangnya.
- Sel:** Bagian atau bentuk terkecil dari organisme, terdiri atas satu atau lebih inti, protoplasma, dan zat-zat mati yang dikelilingi oleh selaput sel.
- Stimulasi:** Drongan; rangsangan.
- Vaksin:** Bibit penyakit (misalnya cacar) yang sudah dilemahkan, digunakan untuk vaksinasi.

Vaksinasi: Penanaman bibit penyakit (misalnya cacar) yang sudah dilemahkan ke dalam tubuh manusia atau binatang (dengan cara menggoreskan atau menusukkan jarum) agar orang atau binatang itu menjadi kebal terhadap penyakit tersebut.

G. Daftar Pustaka

- Abbas, A. (2011). Cellular and Molecular Immunology 7th ed. Elsevier Health Sciences.
- Abbas, A. K, Lichtman A, S. P. (2015). Innate Imunity in Cellular and Molecular Immunology 7th ed. Elsevier.
- Abbas, A.K., Lichtman, A.H., Pillai, S. (2021). Cellular and Molecular Immunology 10th edition. Esivier, USA.
- Arlita I. (2017). Imunologi Dasar. Dee Publish.
- Baratawidjaja; (2012). Imunologi Dasar 10th ed. Badan Penerbit FK UI.
- BBC. (2014). Edward Jenner (1749-1823). bbc.co.uk.
- Blevins. (2010). Robert Koch and the “golden age” of bacteriology. International Journal of Infectious Diseases, 9(14), 744–751. <https://doi.org/doi:10.1016/j.ijid.2009.12.003>. PMID 2041334
- CariIlo, J. I. M. (2017). PhysioIogy and PathoIogy of Innate Immune Response Against Pathogens, “PhysioIogy and PathoIogy of ImmunoIogy. IntechOpen, 99–134. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70556>
- Encyclopedia. (2019). History of Immunology. Britannica :World of Microbiology and Immunology. Ensiklopedia.Com.
- Madigan. (2012). Brock Biology of Microorganisms: Thirteenth edition. Benjamin Cummings.
- Murphy. (2012). Janeway's Immunobiology. Garland Science.
- Stefan, K. H. (2017). Remembering Emil von Behring: from Tetanus Treatment to Antibody Cooperation with Phagocytes. Bio, 8(1).
- Thurston, L. and Williams, G. (2018). An examination of John Fewster’s role in the discovery of smallpox vaccination. Journal of the Royal College of Physicians of Edinburgh, 45, 173–179.

BAB 9

INTERAKSI ANTIGEN DAN ANTIBODI, INFLAMASI, IMUNOPROFILAKSIS DAN IMUNITAS

Tujuan Intruksional:

1. Memahami proses interaksi antigen dan antibodi
2. Menjelaskan bagaimana proses terjadinya proses inflamasi atau radang
3. Menjelaskan konsep dasar imunoprofilaksis dan imunitas secara keseluruhan yang terjadi dalam tubuh

Capaian Pembelajaran:

1. Mahasiswa mampu menjelaskan konsep dasar interaksi antigen dan antibodi didalam tubuh
2. Mahasiswa mampu menjelaskan konsep dasar proses inflamasi atau radang yang terjadi didalam tubuh
3. Mahasiswa mampu menjelaskan konsep dasar imunoprofilaksis dan imunitas yang terjadi dalam tubuh

Pendahuluan

Seorang bidan memiliki peran yang penting dalam memahami imunologi dasar, dimana tubuh sedang melakukan proses pertahanan terhadap suatu penyakit, terutama penyakit infeksi. Reaksi yang terkoordinasi antara sel-sel dan molekul dalam upaya pertahanan tubuh terhadap infeksi merupakan proses respon antigen dan antibody yang merupakan respon alami imun dalam tubuh. Seorang bidan perlu memahami proses interaksi antigen dan antibodi sebagai respon imun tubuh, dan bagaimana secara fisiologis tubuh merespon adanya benda asing dengan melakukan proses peradangan. Seorang bidan harus memahami konsep dasar imunoprofilaksis dan imunitas yang dibentuk dalam tubuh seperti halnya ketika seorang bidan mendalami proses imunitas yang terbentuk untuk kegiatan imunisasi wajib yang harus di terima oleh anak-anak dari usia 0 bulan – 9 bulan.

Bab ini akan membahas bagaimana sistem imun melakuakn interkasi antara antigen dan antibodi dalam pertahanan tubuh dengan paparan benda asing, serta bagaimana proses peradangan/inflamasi terjadi pada sistem imun manusia. Selain itu dalam Bab ini juga akan dijelaskan secara umum bagaimana proses secara keseluruhan

imunoprofilaksi dan imunitas didalam tubuh. Sasaran pembaca buku ini adalah mahasiswa Kesehatan khususnya program studi S1 Kebidanan.

Gambaran pembahasana pada bab ini adalah pengertian serta proses bagaimana proses interaksi antigen dan antibody terjadi, inflamasi/radang, dan imunoprofilasis serta terbentuknya imunitas. Struktur bab ini terdiri dari tujuan instruksional, capaian pembelajaran, materi yang diurakan dalam beberapa sub bab, serta latihan dan akan disertai dengan rangkuman

Uraian Materi

Respons antigen-antibodi adalah interaksi antara antigen dan antibodi. Antigen hanya bereaksi dengan antibodi yang diproduksi sendiri atau antigen yang terkait erat dalam respons yang sangat spesifik. Antibodi akan mengidentifikasi struktur molekuler antigen (epitop). Secara umum, semakin dekat epitop dengan tempat penggabungan antibodi (dalam hal geometri dan karakter kimia), semakin baik interaksi antara antibodi dan antigen, dan semakin tinggi afinitas antibodi terhadap antigen. Salah satu elemen paling penting dalam menentukan efektivitas antibodi secara *in vivo* adalah afinitas antibodi terhadap antigen(Susan, 2022). Meskipun ada banyak jenis reaksi antigen-antibodi, banker darah sering kali memperhatikan reaksi antara antigen pada sel darah merah dan antibodi dalam serum/plasma. Reaksi antigen-antibodi ini dapat terjadi secara teramatid dalam proporsi yang bervariasi, berkenaan dengan volume dan kekuatan reaktan yang digunakan. Reaksi tersebut juga reversibel dan dipengaruhi oleh banyak faktor.

Manusia harus mempertahankan diri terhadap virus, bakteri, jamur, protozoa, parasit, dan sel tumor serta kerusakan fisik, kimia, atau traumatis – peradangan merupakan reaksi tubuh terhadap kejadian tersebut. Tubuh juga harus merespons cedera dengan menyembuhkan dan memperbaiki jaringan yang rusak. Banyak mekanisme efektor yang mampu mempertahankan tubuh terhadap antigen dan agen tersebut telah berkembang dan mekanisme ini dimediasi oleh molekul terlarut atau oleh sel sistem imun. Tiga kejadian utama terjadi selama respons ini: (i) peningkatan suplai darah ke jaringan; (ii) peningkatan permeabilitas kapiler yang disebabkan oleh retraksi sel endotel; dan (iii) leukosit bermigrasi keluar dari kapiler ke jaringan di sekitarnya. Tujuan utama peradangan adalah membawa cairan, protein, dan sel dari darah ke jaringan yang rusak. Jaringan biasanya bermandikan cairan ekstraseluler yang kekurangan sebagian besar protein dan sel yang ada dalam darah, karena sebagian besar protein terlalu besar untuk melewati endoteliun. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme untuk memungkinkan sel dan protein memperoleh akses ke lokasi ekstravaskular(Webster & Galley, 2003)

Imunoprofilaksis adalah pencegahan penyakit menular melalui induksi atau peningkatan sifat perlindungan spesifik respons imun. Imunitas dapat diperoleh secara pasif melalui transfer alami atau dengan pemberian faktor humoral atau seluler eksogen dari hewan yang sebelumnya diimunisasi melalui paparan alami atau vaksinasi. Namun, pendekatan yang lebih disukai adalah menginduksi respons perlindungan secara aktif melalui pemberian vaksin yang mengandung (1) patogen yang tidak aktif atau hidup yang dimodifikasi untuk melemahkan patogenisitasnya, (2)

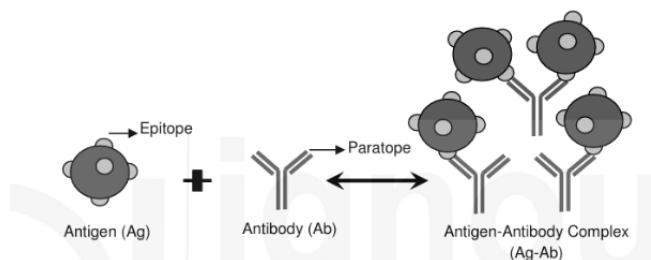
komponen mikroba, (3) produk mikroba yang tidak aktif seperti toxoid, atau (4) materi genetik yang mengkode untuk ekspresi antigen pelindung(Wilson & Pusterla, 2006).

Imunitas adalah kemampuan tubuh manusia untuk melindungi dirinya dari penyakit menular. Mekanisme pertahanan tubuh bersifat kompleks dan meliputi mekanisme bawaan (non-spesifik, nonadaptif) dan sistem yang didapat (spesifik, adaptif). Imunitas bawaan atau non-spesifik hadir sejak lahir dan meliputi penghalang fisik (misalnya kulit utuh dan selaput lendir), penghalang kimia (misalnya asam lambung, enzim pencernaan, dan asam lemak bakteriostatik pada kulit), sel fagosit, dan sistem komplemen. Imunitas yang didapat umumnya khusus untuk satu organisme atau sekelompok individu yang berkerabat dekat. Ada dua mekanisme dasar untuk memperoleh kekebalan – aktif dan pasif (Ewer et al., 2016).

A. Interaksi Antigen dan Antibodi

Pendahuluan

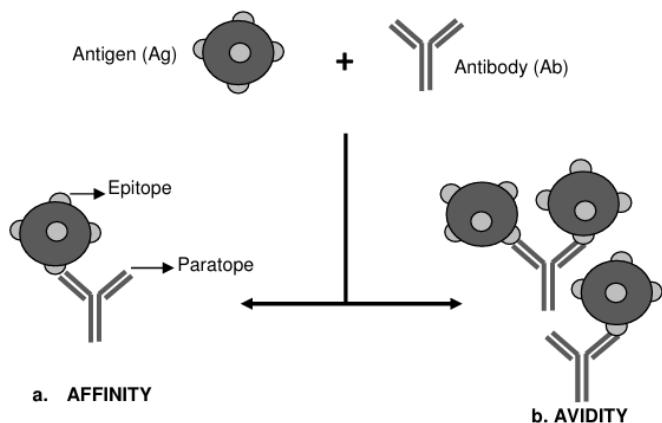
Antigen adalah penyerbu asing (virus, bakteri, jamur, parasit), yang memicu respons imun dalam tubuh. Antibodi adalah protein berbentuk Y khusus yang memiliki tempat pengikatan spesifik (paratop) yang berinteraksi dengan epitop atau determinan antigenik (Gbr. 8.1). Reaksi Antigen-Antibodi (Ag-Ab) adalah interaksi yang sangat spesifik antara antigen dan antibodi. Ini adalah interaksi non-kovalen lemah yang melibatkan ikatan elektrostatis, ikatan H, interaksi hidrofobik, dan ikatan Van der Waal. Seperti reaksi enzim-substrat, reaksi Ag-Ab berlangsung pada kondisi optimum (suhu, pH, kekuatan ionik, dll.) yang bervariasi tergantung pada epitop, paratop, dan jenis ikatan yang terlibat. pH optimum berada dalam kisaran 6,5-8,4, di luar kisaran tersebut reaksi Ag-Ab akan sangat dihambat. Faktanya, antibodi yang merupakan imunoglobulin mengalami perubahan konformasi pada suhu ekstrem dan nilai pH. Meskipun non-kovalen dan reversibel, interaksinya cukup kuat untuk membentuk kompleks Ag-Ab. Hal ini menjadi dasar untuk beberapa uji imunologi yang sangat signifikan yang dirancang untuk mendeteksi antigen dan/atau antibodi. Oleh karena itu, uji ini dapat digunakan dalam diagnosis penyakit, identifikasi beberapa biomolekul yang relevan secara klinis, dan estimasi kekuatan respons imun.



Gambar 9.1. Reaksi Antigen-Antibodi

1. Afinity dan Avidity

Pengikatan Ag–Ab merupakan fenomena yang sangat spesifik di mana kedua entitas harus memiliki situs pengikatan komplementer yang sangat cocok. Kekuatan pengikatan antara keduanya dijelaskan dengan istilah ‘Afinitas’ dan ‘Aviditas’. Antibodi yang memiliki afinitas rendah terhadap antigen akan mengikat secara lemah dan karenanya mudah terdisosiasi sementara yang mengikat dengan kuat akan tetap terikat untuk jangka waktu yang lebih lama. Karena antibodi bersifat bivalen atau multivalen yang memiliki setidaknya dua situs pengikatan Ag, kekuatan interaksi secara keseluruhan akan mempertimbangkan semua afinitas pengikatan situs Ag. Kekuatan yang terakumulasi ini termasuk beberapa afinitas disebut Aviditas. Sementara itu, kekuatan interaksi antara satu situs pengikatan antigen pada antibodi dengan satu determinan antigenik disebut Afinitas (Asiva Noor Rachmayani, 2015)



Gambar 9.2. Interaksi Antigen-Antibodi yang memperlihatkan Affinity dan Avidity

2. Mekanisme Interaksi Antigen Antibodi

Antigen dan antibodi berikatan melalui ikatan nonkovalen dengan cara yang mirip dengan cara protein berikatan dengan reseptor selulernya, atau enzim berikatan dengan substratnya. Namun, reaksi antigen-antibodi berbeda dari yang terakhir karena tidak ada perubahan kimia yang tidak dapat diubah pada salah satu peserta, yaitu antigen atau antibodi. Pengikatan antigen dan antibodi bersifat reversibel dan dapat dicegah atau dipisahkan dengan kekuatan ionik yang tinggi atau pH yang ekstrem. Berikut ini adalah beberapa fitur umum dari interaksi ini:

a. Sifat Fisikokimia

Ikatan elektrostatik, ikatan hidrogen, ikatan van der Waals, dan interaksi hidrofobik merupakan gaya antarmolekul yang terlibat dalam reaksi antigen-

antibodi. Semua jenis gaya antarmolekul ini bergantung pada kedekatan molekul antigen dan antibodi. Oleh karena itu, "kesesuaian yang baik" antara determinan antigenik dan situs penggabungan antibodi menentukan stabilitas reaksi antigen-antibodi. Ikatan ganda antara antigen dan antibodi memastikan bahwa antigen akan terikat erat dengan antibodi.

b. Affinity

Afinitas menunjukkan intensitas daya tarik antara antigen dan antibodi.

- 1) Antibodi dengan afinitas rendah mengikat antigen secara lemah dan cenderung mudah terdisosiasi, sedangkan antibodi dengan afinitas tinggi mengikat antigen lebih kuat dan tetap terikat lebih lama.
- 2) Pengikatan afinitas tinggi diyakini terjadi karena kecocokan yang sangat erat antara tempat pengikatan antigen dan determinan antigenik yang sesuai, sehingga memfasilitasi pengembangan interaksi nonkovalen yang kuat antara antigen dan antibodi.

c. Avidity

Aviditas adalah ukuran kekuatan pengikatan keseluruhan suatu antigen dengan banyak determinan antigenik dan antibodi multivalen. Aviditas adalah indikator yang lebih baik dari kekuatan interaksi dalam sistem biologis nyata daripada afinitas. Oleh karena itu, aviditas reaksi antigen-antibodi bergantung pada valensi antigen dan antibodi dan lebih besar daripada jumlah total afinitas individu.

d. Spesifisitas

Istilah spesifisitas mengacu pada kemampuan situs penggabungan antibodi untuk bereaksi hanya dengan satu determinan antigenik atau kemampuan populasi molekul antibodi untuk bereaksi hanya dengan satu antigen. Reaksi antigen-antibodi biasanya menunjukkan tingkat spesifisitas yang tinggi.

Poin Penting Antibodi dapat secara khusus mengenali perbedaan dalam: struktur primer antigen, bentuk isomerik antigen, dan struktur sekunder dan tersier antigen. Meskipun demikian, reaksi silang antara antigen dan antibodi memang terjadi dan terkadang menyebabkan penyakit pada inang dan menyebabkan hasil yang salah dalam uji diagnostik.

e. Reaksi Silang

Meskipun reaksi antigen-antibodi sangat spesifik, dalam beberapa kasus antibodi yang ditimbulkan oleh satu antigen dapat bereaksi silang dengan antigen yang tidak terkait. Reaksi silang tersebut terjadi jika dua antigen yang berbeda memiliki epitop yang identik atau sangat mirip. Dalam kasus terakhir, afinitas antibodi terhadap epitop yang bereaksi silang biasanya lebih rendah daripada afinitas terhadap epitop asli. Antibodi poliklonal yang mengandung

antiserum sering kali dapat bereaksi silang dengan imunogen yang sebagian terkait dengan yang digunakan untuk imunisasi, karena adanya epitop yang sama atau epitop dengan konfigurasi yang serupa.

3. Tahapan Reaksi Antigen–Antibodi

Reaksi antigen–antibodi terjadi dalam dua tahap: primer dan sekunder.

a. Tahap Primer

Tahap primer adalah interaksi awal antara antigen dan antibodi. Interaksi ini berlangsung cepat dan reversibel, tetapi tanpa efek yang terlihat. Ikatan ionik, ikatan hidrogen, gaya van der Waals, dan interaksi hidrofobik adalah gaya antarmolekul yang lebih lemah yang mengikat antigen dan antibodi bersama-sama dalam tahap primer. Namun, ikatan kovalen, yang merupakan gaya antarmolekul yang lebih kuat antara antigen dan antibodi, tidak terjadi dalam tahap primer.

b. Tahap Sekunder

Tahap sekunder adalah interaksi ireversibel antara antigen dan antibodi, dengan efek yang terlihat, seperti aglutinasi, presipitasi, netralisasi, fiksasi komplemen, dan immobilisasi organisme motil. Ikatan antara antigen dan antibodi selama tahap ini terjadi melalui ikatan kovalen. Antibodi tunggal mampu menyebabkan berbagai jenis reaksi antigen-antibodi, dan antigen tunggal mampu menginduksi produksi berbagai kelas imunoglobulin, yang berbeda dalam sifat biologisnya. Hasil aglutinasi, presipitasi, netralisasi, dan uji lainnya biasanya dinyatakan sebagai titer. Titer didefinisikan sebagai pengenceran serum tertinggi yang memberikan reaksi positif dalam

c. Faktor yang Mempengaruhi reaksi antigen-antibodi

1) Jarak antara tempat reaktif pada antibody

Molekul antibodi IgM panjangnya 300 Å dan mampu bereaksi secara teramat melalui hemagglutinasi sel darah merah dalam larutan garam. Antibodi IgG panjangnya 120 Å dan biasanya membuat sel peka dalam larutan garam.

2) Tolakan listrik antara sel darah merah – potensi zeta

Gaya tolak menolak antara sel darah merah yang membawa muatan listrik negatif yang sama disebut potensi zeta, yang mencegah penggumpalan sel darah merah yang tersensitisasi dalam larutan garam. Oleh karena itu, potensi zeta harus dikurangi atau diubah dengan cara tertentu agar antibodi IgG yang lebih kecil dapat mencapai penggumpalan.

3) Lokasi penentu antigen

Diperkirakan bahwa beberapa antigen (seperti antigen A dan B) menonjol dari permukaan sel darah merah lebih jauh daripada yang lain (seperti

antigen Rh). Karena itu, jarak sebenarnya antara antigen pada sel yang berdekatan dapat bervariasi hingga tingkat tertentu, sehingga memengaruhi sifat reaksi atau kemampuan antibodi yang sesuai untuk bereaksi dengannya.

4) Jumlah determinan antigenik

Antibodi lebih mudah bereaksi dengan antigen, yang jumlahnya banyak pada setiap sel darah merah, daripada bereaksi dengan antigen yang jumlahnya sedikit pada sel. Sel yang homozigot untuk antigen tertentu dapat membawa lebih banyak lokasi antigen (determinan antigenik atau epitop) daripada sel yang heterozigot. Ini disebut efek dosis. Misalnya, sel darah merah positif S yang secara genetik S/S (dengan dosis ganda S) dapat bereaksi lebih kuat dengan anti-S daripada sel yang heterozigot S/s (dengan dosis tunggal S), tergantung pada anti-S yang digunakan dalam pengujian.

5) Kecocokan

Antigen dan antibodi bereaksi dengan cara yang mirip seperti kunci dan gembok. Jika kombinasi antara kunci dan gembok tepat, maka kecocokannya tinggi, dan reaksinya akan lebih kuat; kecocokan yang lemah menghasilkan reaksi yang lebih lemah. Derajat kecocokan juga dikenal sebagai afinitas antibodi

6) Suhu

Antibodi dingin bereaksi dengan baik pada suhu +2°C hingga +10°C, mengaglutinasi atau membuat sel darah merah sensitif dalam suhu dingin. Antibodi ini biasanya akan terdisosiasi dari sel ketika suhu pengujian dinaikkan. Dengan demikian, antibodi dingin dapat dikeluarkan dari sel darah merah dengan menaikkan suhu dari +2°C hingga +37°C.

Sebagian besar antibodi IgG bereaksi paling baik dengan antigen terkait pada suhu +37°C. Pada suhu ini, kecepatan reaksinya juga meningkat. Untuk memisahkan kompleks antigen-antibodi yang dibentuk oleh antibodi dengan suhu reaksi optimum +37°C, suhu harus dinaikkan hingga sekitar +56°C. Pada suhu ini, antibodi akan dielusi (dihilangkan atau dipaksa dilepaskan) dari sel dan kemudian dapat diisolasi dan diuji lebih lanjut. Namun, sel darah merah akan terdenaturasi pada suhu lebih dari +50°C dan harus dibuang.

Suhu optimum untuk reaksi antigen-antibodi akan bergantung pada sifat kimia epitop, paratop, dan jenis ikatan yang terlibat dalam interaksinya. Misalnya, pembentukan ikatan hidrogen cenderung eksotermik. Ikatan ini lebih stabil pada suhu yang lebih rendah dan mungkin lebih penting saat berhadapan dengan antigen karbohidrat.

7) pH

Pengaruh pH pada konstanta kesetimbangan kompleks antigen-antibodi terletak pada kisaran pH 6,5 dan 8,4. Faktor-faktor yang memengaruhi interaksi di bawah pH 6,5 dan di atas pH 8,4, reaksi antigen-antibodi sangat terhambat. Pada pH 5,0 atau 9,5, konstanta kesetimbangan 100 kali lipat lebih rendah daripada pada pH 6,5 - 7,0. Dalam kondisi pH yang ekstrem, antibodi dapat mengalami perubahan konformasi yang dapat menghancurkan komplementaritas dengan antigen.

8) Kekuatan ionik

Pengaruh kekuatan ionik pada reaksi antigen-antibodi sangat penting dalam serologi golongan darah. Di sini, reaksinya sangat dipengaruhi oleh ion natrium dan klorida. Misalnya, dalam larutan garam normal, Na⁺ dan Cl⁻ berkelompok di sekitar kompleks dan sebagian menetralkan muatan, yang berpotensi mengganggu pengikatan antibodi terhadap antigen. Hal ini dapat menjadi masalah ketika antibodi afinitas rendah digunakan. Telah diketahui bahwa, ketika terpapar pada kekuatan ionik yang sangat rendah, γ-globulin beragregasi dan membentuk kompleks reversibel dengan lipoprotein sel darah merah, yang menyebabkan sedimentasi.

9) Konsentrasi antigen dan antibodi

Meskipun sebagian besar reaksi antigen-antibodi memberikan hasil yang dapat diamati pada berbagai konsentrasi antigen atau antibodi, hasil terbaik diperoleh ketika sejumlah besar molekul antibodi terikat pada setiap sel.

10) Jumlah situs pengikatan antigen fragmen

Antibodi IgM memiliki antara 5 dan 10 situs pengikatan antigen fragmen (Fab), sedangkan antibodi IgG adalah monomer dengan maksimum 2 situs Fab. Untuk menghasilkan aglutinasi dua sel darah merah yang berdekatan, antibodi IgM dapat mengikat dengan beberapa antigen pada satu sel dan beberapa pada sel kedua dan membentuk ikatan yang cukup kuat. Namun, molekul IgG hanya dapat mengikat satu antigen pada satu sel dan satu antigen pada sel lain, dan kecuali jika itu adalah antibodi yang raksasa, dapat membentuk ikatan yang lebih lemah. Dalam kedua kasus, banyak molekul antibodi diperlukan untuk menghasilkan reaksi yang dapat dibuktikan, tetapi prinsipnya tetap sama (Lydyard, 2004)

B. Inflamasi

1. Pendahuluan

Peradangan adalah bentuk pertahanan yang meluas yang secara luas didefinisikan sebagai respons nonspesifik terhadap malfungsi jaringan dan digunakan oleh sistem imun bawaan dan adaptif untuk melawan pengganggu patogen. Ciri khas respons peradangan dalam kaitannya dengan aspek lain dari pertahanan antiparasit adalah bahwa kerusakan pada diri sendiri tidak dapat dihindari. Yang penting, kerusakan kolateral dari peradangan tidak sama dengan imunopatologi, yang melibatkan serangan spesifik yang dimediasi imun pada jaringan target yang tidak lagi dikenali oleh sistem imun sebagai diri sendiri. Patologi autoimun mencerminkan disregulasi komponen imun adaptif, seperti fungsi antibodi dan yang dimediasi sel, dan memiliki pengaruh genetik dan lingkungan. Meskipun kerusakan kolateral yang disebabkan oleh peradangan tentu saja dapat berkontribusi terhadap imunopatologi (misalnya, artritis reumatoид, multiple sclerosis, diabetes), kerusakan yang ditimbulkan oleh peradangan merupakan pertukaran biologis dasar antara pengendalian kerusakan dan pemeliharaan diri, dan tidak memerlukan keberadaan antigen diri untuk menjadi aktif.(Pathology & Cells, 2022)

2. Respon Inflamasi

Manusia harus mempertahankan diri terhadap virus, bakteri, jamur, protozoa, parasit, dan sel tumor serta kerusakan fisik, kimia, atau traumatis – peradangan merupakan reaksi tubuh terhadap kejadian tersebut. Tubuh juga harus merespons cedera dengan menyembuhkan dan memperbaiki jaringan yang rusak. Banyak mekanisme efektor yang mampu mempertahankan tubuh terhadap antigen dan agen tersebut telah berkembang dan ini dimediasi oleh molekul terlarut atau oleh sel-sel sistem imun. Tiga kejadian utama terjadi selama respons ini: (i) peningkatan suplai darah ke jaringan; (ii) peningkatan permeabilitas kapiler yang disebabkan oleh retraksi sel endotel; dan (iii) leukosit bermigrasi keluar dari kapiler ke jaringan di sekitarnya.

Virulensi mikroorganisme dan induksi peradangan bergantung pada kemampuan mereka untuk bereplikasi di dalam tubuh dan menghancurkan struktur seluler. Selama pertumbuhan dan perkembangbiakan, mikroorganisme dapat memproduksi dan melepaskan eksotoksin yang merupakan agen penyebab cedera yang kuat. Mikroorganisme lain, setelah penghancuran atau lisis, melepaskan racun yang dikenal sebagai endotoksin (lipopolisakarida atau LPS) dari selubung fosfolipid dan lipopolisakarida. Virus tidak menghasilkan eksotoksin atau endotoksin, tetapi menggunakan sel untuk replikasinya sendiri dan merusak struktur sel yang menyebabkan kematian sel.

Tujuan utama peradangan adalah membawa cairan, protein, dan sel dari darah ke jaringan yang rusak. Jaringan biasanya bermandikan cairan ekstraseluler yang kekurangan sebagian besar protein dan sel yang ada dalam darah, karena sebagian besar protein terlalu besar untuk melewati endotelium. Oleh karena itu, diperlukan mekanisme untuk memungkinkan sel dan protein memperoleh akses ke lokasi ekstravaskular. Ciri-ciri utama respons inflamasi adalah:

- a. Vasodilatasi untuk meningkatkan aliran darah ke area yang terinfeksi.
- b. Peningkatan permeabilitas vaskular untuk memungkinkan komponen yang dapat berdifusi masuk ke lokasi.
- c. Infiltrasi seluler melalui kemotaksis, atau pergerakan sel inflamasi yang terarah melalui dinding pembuluh darah ke lokasi cedera.
- d. Aktivasi sel sistem imun dan sistem enzim.

Pergerakan leukosit ke lokasi cedera memerlukan interaksi adhesif antara leukosit dan sel endotel. Sifat dan besarnya interaksi leukosit-sel endotel yang terjadi dalam venula pascakapiler ditentukan oleh berbagai faktor, termasuk ekspresi molekul adhesi pada leukosit dan/atau sel endotel, keberadaan produk leukosit (misalnya superoksida) dan sel endotel (misalnya oksida nitrat), dan gaya fisik yang dihasilkan oleh pergerakan darah di sepanjang dinding pembuluh. Ekstravasasi adalah peristiwa yang kompleks, tidak hanya bergantung pada ekspresi dan aktivasi molekul adhesi, tetapi juga pada reorganisasi sitoskeletal dan perubahan fluiditas membrane (Webster & Galley, 2003)

3. Klasifikasi Inflamasi

Tindakan faktor eksogen menyebabkan perubahan biokimia dan struktural dalam sel, yang disebut sebagai perubahan degeneratif atau distrofik hingga nekrotik. Penginduksi eksogen dapat dibagi menjadi penginduksi eksogen mikroba dan non-mikroba.

Tabel 9.1. Klasifikasi Inflamasi

Faktor waktu	<ul style="list-style-type: none">• Akut• Kronis
Penyebab	<ul style="list-style-type: none">• Infeksius (virus, bakteri, parasite)• Non infeksius (Trauma, aterosklerosis, radang dingin)
Tingkat Kerusakan	<ul style="list-style-type: none">• Permukaan• Dalam• Berbatasan• Tidak terbatas

Induksi endogen adalah sinyal yang dilepaskan oleh jaringan yang mati, rusak, tidak berfungsi, atau tertekan (Medzhitov, 2008). Perbedaan utama antara peradangan akut dan kronis adalah durasinya. Peradangan akut adalah reaksi yang dipicu oleh cedera mendadak pada tubuh, seperti luka di jari. Di lokasi cedera, sel-sel inflamasi diaktifkan oleh tubuh inang, sehingga memicu proses penyembuhan. Pada peradangan kronis, sel-sel inflamasi terus diproduksi meskipun tidak ada bahaya (Chen et al., 2018). Peradangan serosa muncul dengan jumlah cairan encer bening, agak kuning, dan rendah protein serta kandungan sel. Peningkatan minimal permeabilitas vaskular terlihat, seperti yang ditunjukkan oleh kulit yang melepuh. Penyembuhan terjadi melalui resorpsi. Contoh peradangan tersebut adalah eksim, herpes, dan bronkitis kataral(Chen et al., 2018). Berbeda dengan peradangan serosa, pada peradangan fibrin, terlihat sejumlah besar fibrin dan peningkatan permeabilitas pembuluh darah. Penyembuhan terjadi melalui organisasi jaringan granulasi dan fibrinolysis (Qin et al., 2020). Nanah peradangan purulen terdiri dari leukosit, jaringan mati, dan cairan edema. Agen penyebabnya adalah *S. aureus* dan *S. pneumoniae*. Penyembuhan terjadi melalui resorpsi. Peradangan terbatas mungkin tampak seperti massa lunak yang biasanya dikelilingi oleh area berwarna mulai dari merah muda hingga merah tua, yang biasanya disebut sebagai abses(Kurbanov et al., 2021).

4. Inflamasi Kronik

Penyakit inflamasi kronis merupakan penyebab kematian terbanyak di seluruh dunia. WHO (Organisasi Kesehatan Dunia) menganggap penyakit kronis sebagai ancaman terbesar bagi kesehatan manusia. Ciri khas peradangan kronis adalah infiltrasi sel inflamasi primer seperti makrofag, limfosit, dan sel plasma di lokasi jaringan yang menghasilkan sitokin inflamasi, faktor pertumbuhan, dan enzim. Hal ini berkontribusi pada perkembangan kerusakan jaringan dan perbaikan sekunder (Pahwa et al., 2025). Peradangan kronis dapat disebabkan oleh beberapa gejala seperti kegagalan menghancurkan agen penyebab peradangan akut. Organisme ini resistan terhadap pertahanan inang dan tetap berada di jaringan untuk jangka waktu yang lebih lama. Dalam beberapa kasus, organisme tersebut teriritasi oleh bahan asing yang tidak mungkin dihancurkan secara enzimatik. Pada gangguan autoimun, sistem kekebalan alami tubuh mengenali zat tersebut sebagai antigen asing dan menyerang jaringan sehat. Fase pertama peradangan kronis sering kali tidak terlihat dan dapat sepenuhnya terlewatkannya pada pemeriksaan klinis. Oleh karena itu, peradangan kronis dibagi menjadi dua kelompok – peradangan kronis sebagai akibat peradangan akut dan peradangan kronis de novo (Aoki & Narumiya, 2012)

Terdapat dua jenis peradangan kronis yang diketahui. Jenis pertama adalah peradangan proliferatif nonspesifik, yang ditandai dengan adanya jaringan granulasi nonspesifik yang terbentuk oleh infiltrasi sel mononuklear dan proliferasi fibroblas jaringan ikat. Penyakit yang umum adalah, misalnya, polip di hidung, di serviks, dan abses paru-paru. Jenis kedua adalah peradangan granulomatosa, jenis peradangan kronis spesifik yang ditandai dengan adanya berbagai jaringan rusak nodular atau granuloma yang terbentuk oleh agregasi makrofag (Aoki & Narumiya, 2012). Penyebab etiologinya bisa infeksius (mikobakteri, jamur pembentuk spora) atau non infeksius (benda asing). Granuloma muncul ketika makrofag kehilangan fungsi fagositosisnya. Akibatnya, makrofag kehilangan fungsinya; jika tidak dapat menyerap zat asing, terjadi blokade fagositosis oleh berbagai zat, cacat bawaan fagositosis, stimulasi jangka panjang limfosit T. Penyakit khas peradangan granulomatosa adalah tuberkulosis – *Mycobacterium tuberculosis*, *sarkoidosis*, *sifilis* – *Treponema pallidum*, kusta – *Mycobacterium leprae*, *Mycobacterium lepromatosis*. Granuloma dapat terbentuk melalui dua cara, sebagai akibat dari benda asing atau reaksi imun. Cara kedua adalah granuloma yang terbentuk sebagai akibat infeksi kronis (Herrero-Cervera et al., 2022)

Tabel 9.2. Klasifikasi induser eksogenus

Penginduksi Mikrobial
<ul style="list-style-type: none"> • Pola molekuler (berkaitan dengan patogen yang dibawa oleh semua mikroorganisme) • Faktor virulensi (terbatas pada patogen, faktor ini memicu respons peradangan karena efek aktivitasnya)
Penginduksi non-mikroba meliputi:
<ul style="list-style-type: none"> • Mekanik – trauma • Fisik – suhu tinggi atau rendah, radiasi, gelombang mikro • Kimia – senyawa organik dan anorganik (racun, korosif, senyawa genotoksis, senyawa proteotoksis) • Nutrisi – kekurangan oksigen, kekurangan nutrisi dan vitamin • Biologis – bakteri, virus, jamur, parasit dan toksinnya

5. Inflamasi Akut

Peran utama peradangan adalah membawa cairan, protein, dan sel dari darah ke jaringan yang terinfeksi atau rusak. Oleh karena itu, peradangan akut dikaitkan dengan masuknya leukosit, komplemen, antibodi, dan zat lain secara protektif ke lokasi peradangan yang berkembang. Jenis peradangan ini dicirikan sebagai respons adaptif langsung dengan spesifitas terbatas yang disebabkan oleh berbagai rangsangan berbahaya seperti infeksi dan kerusakan jaringan.

Respons peradangan yang terkontrol umumnya bermanfaat. Respons ini memberikan pertahanan terhadap organisme infeksius. Jika tidak terkontrol, peradangan akut dapat menjadi berbahaya, seperti pada syok septik. Jalur peradangan terdiri dari serangkaian peristiwa yang melibatkan pemicu, sensor, mediator, dan efektor (Varela et al., 2018). Proses peradangan akut dipicu oleh adanya pemicu, yang dapat berupa organisme infeksius atau rangsangan non-infeksius seperti benda asing dan sinyal dari sel nekrotik atau jaringan yang rusak. Hal ini kemudian mengaktifkan sensor yang merupakan molekul khusus. Pada langkah berikutnya, sensor merangsang mediator, bahan kimia endogen yang dapat menyebabkan nyeri, mengaktifkan atau menghambat peradangan dan perbaikan jaringan. Sensor juga terlibat dalam aktivasi efektor, yang merupakan jaringan dan sel. Tujuan dari proses peradangan adalah untuk mengembalikan homeostasis terlepas dari penyebabnya(Ryan & Majno, 1977)

6. Proses Inflamasi

Proses inflamasi yang terjadi di tingkat lokal terdiri dari lima langkah:

- a. Kerusakan jaringan – faktor patogenik menghancurkan jaringan.
- b. Pengenalan kerusakan – *Antigen Presenting Cells* (APC) (makrofag, histosit, sel dendritik, dan lainnya) mengenali antigen asing melalui reseptor pengenalan pola/ *Pattern Recognition Receptors* (PRR), yang diekspresikan pada membran semua sel yang bertanggung jawab atas kekebalan bawaan.
- c. Aktivasi sel imun dalam jaringan – setelah PRR diaktifkan, sel-sel mulai memproduksi sel sinyal yang memiliki tiga efek:
 - 1) autokrin – merangsang sel yang memproduksinya untuk memproduksi lebih banyak sel sinyal,
 - 2) parakrin – memengaruhi sel-sel di sekitar,
 - 3) endokrin – memengaruhi organ yang jauh (hati, sumsum tulang).
- d. Penghancuran jaringan yang rusak – melalui zat sitotoksik, jaringan yang rusak dihilangkan, sehingga menciptakan ruang untuk regenerasi atau perbaikan jaringan.
- e. Reparasi, regenerasi jaringan yang rusak – selama regenerasi, beberapa jaringan mempertahankan kemampuan untuk beregenerasi, asalkan komponen ekstraseluler jaringan tidak terganggu. Reparasi menyembuhkan kerusakan dengan jaringan parut

Jika respons inflamasi tidak diperlukan dan diperlukan, respons tersebut harus dihentikan untuk menghindari efek samping kerusakan jaringan. Ketika mekanisme ini terganggu, peradangan kronis, kerusakan, dan disfungsi berbagai sistem tubuh terjadi (Ansar & Ghosh, 2016)

7. Zat yang bertanggung jawab atas proses inflamasi

- a. Endotelium, leukosit, trombosit, sistem koagulasi, dan komplemen bertanggung jawab atas jalannya reaksi inflamasi dalam tubuh.
- b. Leukosit melakukan fungsi pensinyalan dan pengaturan yang sangat penting selama inflamasi (O'Connor et al., 2004)
- c. Endotelium adalah epitel datar mesenkim atau igin yang melapisi permukaan bagian dalam kompartemen sistem kardiovaskular. Dalam kondisi fisiologis, endotelium terlibat dalam pengaturan lokal tonus vaskular, memberikan permeabilitas selektif dinding vaskular dan permukaan antitrombotik. Dalam proses inflamasi, tonus vaskular dan permeabilitas dinding vaskular terhadap cairan diubah, dan perlekatan serta migrasi leukosit ke interstitium diatur. Sel memiliki sejumlah reseptor di permukaannya untuk mediator, hormon jaringan, dan zat yang dilepaskan oleh trombosit (Hamidzadeh et al., 2017)
- d. Trombosit membentuk sumbat homeostatis utama ketika pembuluh darah rusak, dan permukaan menyediakan komunikasi dengan sistem hemokoagulasi. Trombosit juga mengandung sistem membran kompleks yang memungkinkan mereka melepaskan berbagai molekul, termasuk molekul adhesin, faktor pertumbuhan, kemokin, dan faktor koagulasi, penghambat pembekuan darah. Trombosit mengubah bentuk dan daya rekatnya selama peradangan(Gawaz et al., 2005). Setelah aktivasi, pelepasan granula diinduksi, yang juga mengandung zat antiinflamasi. Selama peradangan, ada interaksi antara trombosit yang bersirkulasi dan leukosit yang tertarik ke dinding pembuluh darah melalui adhesi ke endotelium. Saat trombosit menempel pada endotelium, mereka mampu melepaskan kemoreaktan yang menciptakan permukaan perekat yang memungkinkan adhesi leukosit. Trombosit mengandung tiga jenis granula yang berbeda: alfa, delta, dan lambda (Löwenberg et al., 2010).
- e. Leukosit adalah sel darah putih, dan fungsi utamanya adalah memediasi respons imun. Leukosit mampu bergerak dan terlibat dalam fagositosis zat berbahaya(Tigner et al., 2025). Leukosit dibagi menjadi:
 - 1) Neutrofil merupakan garis pertahanan pertama tubuh terhadap agen infeksius atau non-infeksius. Neutrofil dapat berada dalam keadaan aktif atau tidak aktif. Granula neutrofil mengandung sejumlah enzim yang mampu menghidrolisis berbagai substrat.
 - 2) Eosinofil, yang fungsinya mirip dengan neutrofil, menghasilkan sitokin yang dicirikan oleh aksi autokrin (Wechsler et al., 2021).
 - 3) Limfosit – kelimpahannya dominan pada peradangan kronis atau akut lanjut.

- 4) Sel plasma – peningkatan jumlah merupakan ciri khas infeksi persisten dengan respons imun dalam reaksi hipersensitivitas.
- f. Sistem koagulasi digunakan untuk memastikan pembentukan fibrin yang tidak larut selama pembentukan sumbat primer. Dalam peradangan, sistem ini membantu dalam konversi fibrinogen menjadi fibrin. Dengan aksi fibrin aktif, masing-masing monomer bergabung untuk membentuk fibrin yang tidak larut
- g. Komplemen terdiri dari 30 protein yang merupakan bagian dari serum darah, tetapi juga ditemukan di permukaan sel. Setelah diaktifkan, sebagian besar protein dibelah menjadi dua subunit, dengan subunit yang lebih kecil menyediakan kemotaksis protein lain dan subunit yang lebih besar menempel pada permukaan patogen.

8. Respons Peradangan Sistemik Sindrom/ Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS)

SIRS merupakan respons pertahanan tubuh yang berlebihan terhadap stimulus yang membahayakan, yang dapat berupa infeksi, trauma, pembedahan, atau peradangan akut. SIRS melibatkan pelepasan reaktan fase akut, yang merupakan mediator langsung. SIRS dengan dugaan sumber infeksi disebut sepsis. Pada sepsis, jika satu atau lebih organ akhir gagal berfungsi, dikatakan terjadi sepsis berat. SIRS didefinisikan sebagai terpenuhinya dua atau lebih gejala berikut:

1. Suhu tubuh naik/turun di atas 38°C atau di bawah 36°C
2. Denyut jantung meningkat melebihi rata-rata sesuai usia tanpa adanya stimulus eksternal, pengobatan, atau stimulus nyeri
3. Laju pernapasan meningkat melebihi rata-rata sesuai usia
4. Jumlah leukosit abnormal (lebih dari $12.000/\mu\text{l}$, atau penurunan di bawah $4.000/\mu\text{l}$) [46].

Peradangan yang dipicu oleh rangsangan infeksi atau non-infeksi menimbulkan respons imun, tetapi SIRS terkadang masih dapat terjadi. Bone, Grodzin, dan Balk memperkenalkan kaskade sepsis lima tahap yang dimulai dengan SIRS dan berakhir sebagai MODS (sindrom disfungsi organ ganda/*Multiple Organ Dysfunction*):

- a. Tahap 1
adalah respons lokal di lokasi cedera yang bertujuan untuk menahan cedera dan membatasi penyebaran.
- b. Tahap 2
adalah sindrom respons anti-inflamasi kompensasi dini/*Compensatory Anti-Inflammatory Syndrome* (CARS) dalam upaya untuk mempertahankan keseimbangan imunologis. Stimulasi faktor pertumbuhan dan perekutan

makrofag dan trombosit terjadi saat kadar mediator pro-inflamasi menurun untuk mempertahankan homeostasis.

c. Tahap 3

adalah saat skala condong ke arah SIRS pro-inflamasi, yang menyebabkan disfungsi progresif. Hal ini mengakibatkan mikrotrombosis organ akhir dan peningkatan progresif permeabilitas kapiler, yang mengakibatkan hilangnya integritas sirkulasi.

d. Stadium 4 ditandai dengan CARS yang mengambil alih SIRS, yang mengarah ke keadaan imunosupresi relatif. Oleh karena itu, individu menjadi rentan terhadap infeksi sekunder atau nosokomial, sehingga memperparah kaskade sepsis. • Stadium 5 bermanifestasi dalam MODS dengan disregulasi respons SIRS dan CARS yang terus-menerus (Bone et al., 1997)

9. Perubahan fungsi tubuh selama Respons peradangan

Sistemik Respons peradangan sistemik terdiri dari tiga fase, di mana fase pertama melibatkan penangkalan stimulus dengan pelepasan sitokin, yang melalui respons peradangan dimulai untuk membuang jaringan yang rusak dan kemudian memperbaikinya. Pada fase kedua, sitokin yang bersirkulasi memastikan pelepasan faktor pertumbuhan, masuknya makrofag dan trombosit, dan pengendalian intensitas dan luasnya proses peradangan – sebuah upaya untuk mempertahankan homeostasis. Fase ketiga terakhir adalah ketika homeostasis gagal dipulihkan, respons sistemik yang signifikan terjadi dan sitokin bersifat merusak(Leon & Helwig, 2010). TNF- α dan IL-1 terlibat dalam perkembangan demam, bekerja pada pusat pengaturan suhu tubuh di hipotalamus. Hal ini menyebabkan pengaturan suhu tubuh menjadi lebih tinggi dan pengaturan suhu tubuh tetap terjaga pada tingkat yang baru hingga kadar zat penyebab demam dalam tubuh menurun (Toliver-Kinsky et al., 2017). Tekanan darah yang menurun disebabkan oleh penurunan resistensi pembuluh darah perifer, sebagian disebabkan oleh sitokin inflamasi (Nyström, 1998).

C. Immunoprofilaksis dan Imunitas

1. Pendahuluan

Imunoprofilaksis adalah pencegahan penyakit menular melalui induksi atau peningkatan respons imun protektif spesifik. Imunitas dapat diperoleh secara pasif melalui transfer alami atau pemberian faktor humoral atau seluler eksogen dari hewan yang sebelumnya diimunisasi melalui paparan alami atau vaksinasi. Namun, pendekatan yang lebih disukai adalah menginduksi respons protektif secara aktif melalui pemberian vaksin yang mengandung patogen yang tidak aktif atau hidup yang dimodifikasi untuk melemahkan patogenisitasnya,

komponen mikroba, produk mikroba yang tidak aktif seperti toksoid, atau materi genetik yang mengkode ekspresi antigen protektif. Dari agen infeksi, virus biasanya memiliki rangkaian determinan antigenik paling sederhana yang terlibat dalam respons imun protektif; oleh karena itu, penyakit virus umumnya lebih mudah dikendalikan melalui imunisasi aktif daripada penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan, pada tingkat yang lebih besar, oleh agen jamur, protozoa, dan metazoa.

2. Imunisasi Aktif

a. Prinsip Dasar

seri primer yang terdiri dari satu atau lebih dosis vaksin untuk "mempersiapkan" sistem imun dan menghasilkan protein efektor (antibodi) serta klon sel memori (limfosit dan sel plasma) yang menjadi dasar untuk memori imunologis dan "mengingat kembali". Biasanya, dosis vaksin "penguat" diberikan secara berkala untuk meningkatkan kadar antibodi dan memori spesifik. Pada paparan berikutnya terhadap patogen spesifik, sel memori dapat direkrut untuk segera menghasilkan antibodi spesifik dan sel efektor seperti limfosit T sitotoksik/*Cytotoxic T Lymphocytes* (CTL) untuk menetralkan patogen sebelum menyebabkan penyakit. Beberapa vaksin mampu menginduksi kekebalan steril, dalam hal ini infeksi dan replikasi patogen diblokir sepenuhnya, sedangkan banyak vaksin menginduksi perlindungan klinis tanpa sepenuhnya memblokir infeksi atau replikasi organisme, meskipun yang terakhir biasanya pada tingkat yang jauh berkurang.

b. Tipe Vaksin

Vaksin yang saat ini dilisensikan untuk digunakan pada kuda di Amerika Utara termasuk vaksin tradisional yang tidak aktif (bakteri, toksoid, dan vaksin virus yang tidak aktif) dan vaksin subunit yang tidak aktif yang mengandung komponen dinding sel bakteri atau toksoid untuk pemberian intramuskular (IM); vaksin spora bakteri dan virus hidup yang dimodifikasi untuk pemberian parenteral; vaksin virus dan bakteri hidup yang dimodifikasi untuk pemberian intranasal; dan vaksin vektor rekombinan dan vaksin asam deoksiribonukleat (DNA) untuk pemberian parenteral

1) Vaksin Mati

Vaksin Patogen yang Diinaktifkan

Vaksin patogen yang diinaktifkan merupakan bentuk vaksin kuda yang paling umum digunakan saat ini dan terdiri dari mikroorganisme yang telah diolah dengan panas atau bahan kimia untuk menonaktifkannya sambil mempertahankan imunogenisitasnya. Fenol, formaldehida, dan β -propiolakton termasuk di antara agen penonaktif yang paling sering

digunakan dalam pembuatan vaksin bakteri dan virus yang tidak aktif. Vaksin yang tidak aktif secara biologis aman karena, secara teori, tidak memiliki virulensi residual dan memiliki stabilitas tinggi dalam penyimpanan. Vaksin ini biasanya cocok dan aman untuk digunakan pada kuda betina hamil, hewan yang lemah atau mengalami gangguan kekebalan, kuda tua, dan anak kuda yang kekurangan kolostrum. Namun, vaksin tersebut biasanya memerlukan beberapa dosis dan penguat rutin, dan kemanjurannya sering kali bergantung pada penggunaan adjuvan yang kuat dan massa antigenik yang tinggi. Dibandingkan dengan vaksin jenis lain, kerugian yang sering dikaitkan dengan vaksin yang tidak aktif meliputi: onset kekebalan yang lambat, peningkatan risiko komplikasi lokal dan alergi (massa antigenik yang tinggi dan penyertaan adjuvan adalah dua faktor yang meningkatkan kemungkinan reaksi), kebutuhan untuk beberapa dosis dalam seri primer, kebutuhan untuk pemberian parenteral (biasanya IM), perlunya penguat rutin pada interval yang sering untuk mempertahankan kekebalan yang wajar, dan durasi kekebalan yang lebih pendek daripada yang dicapai dengan vaksin hidup yang dimodifikasi. Lebih jauh, karena vaksin yang tidak aktif diketahui sebagai pemicu kekebalan yang diperantarai sel yang lemah, vaksin tersebut tidak terlalu efisien dalam menghilangkan sel yang terinfeksi virus

Vaksin Protein atau Subunit

Protein yang diekstraksi dan dimurnikan yang diproduksi secara alami oleh patogen dapat digunakan untuk memformulasi vaksin yang tidak aktif. Vaksin semacam itu dapat dikembangkan hanya jika imunogen yang bertanggung jawab untuk menginduksi respons imun protektif diketahui. Vaksin ini sering kali membutuhkan massa antigenik yang tinggi dan adjuvan yang kuat untuk merangsang sistem imun. Keuntungan utama vaksin subunit adalah keamanan biologisnya yang melekat karena tidak ada risiko virulensi residual. Vaksin ini telah dikaitkan dengan lebih sedikit reaksi di tempat suntikan daripada vaksin yang mengandung produk bakteri utuh. Contoh vaksin subunit kuda yang paling terkenal adalah vaksin terhadap tetanus yang mengandung toxoid tetanus dan vaksin terhadap strangles berdasarkan protein M dari *Streptococcus equi subsp. equi* (SeM).

Teknologi DNA rekombinan memungkinkan sintesis antigen spesifik yang penting untuk kekebalan terhadap patogen. Imunogen subunit tersebut dapat diproduksi hanya jika urutan genetik yang mengkode ekspresi antigen protein pelindung spesifik, serta karakteristik imunogenik protein ini, diketahui. Vaksin subunit rekombinan virus herpes kuda tipe

(EHV) 1 dan vaksin influenza kuda telah diproduksi secara eksperimental tetapi, sejauh ini, telah menunjukkan perlindungan yang buruk, mungkin karena imunogenisitas protein rekombinan yang buruk.

2) Vaksin Hidup

Vaksin Hidup yang Dimodifikasi

Vaksin hidup yang dimodifikasi/*Modified Live Vaccines* (MLV) terdiri dari mikroorganisme yang dilemahkan yang bereplikasi secara *in vivo*, sehingga menimbulkan respons imun yang mirip dengan yang diinduksi oleh infeksi alami, tetapi tanpa gejala terkait yang biasanya terlihat pada paparan alami terhadap patogen tertentu. MLV biasanya menginduksi timbulnya kekebalan yang cepat yang mencakup respons humoral dan seluler, menghasilkan durasi kekebalan yang lama, dan memerlukan lebih sedikit dosis untuk mengimunisasi inang. Bergantung pada rute pemberian, beberapa MLV mampu menginduksi respons mukosa lokal. Dibandingkan dengan vaksin yang dimatikan, MLV umumnya mengandung massa antigenik yang lebih rendah dan biasanya tidak memerlukan penyertaan adjuvan; oleh karena itu, MLV cenderung tidak menimbulkan reaksi lokal yang merugikan. Karena mutasi yang bertanggung jawab atas pelemahan virulensi pada MLV sering kali tidak terdefinisi dengan baik, salah satu kekhawatiran utama adalah kemungkinan bahwa organisme vaksin mendapatkan kembali virulensnya atau bergabung dengan galur liar untuk menghasilkan reassortant yang lebih patogen yang dapat menyebabkan penyakit klinis, kematian, dan kemungkinan wabah. Oleh karena itu, patogen yang dimodifikasi dengan beberapa mutasi pada gen yang berbeda merupakan kandidat yang lebih cocok untuk MLV karena mereka cenderung tidak kembali ke virulensi daripada patogen dengan mutasi tunggal. Atenuasi biasanya dicapai dengan cara *in vitro* melewati satu atau lebih jenis sel, pemilihan mutan sensitif suhu spontan atau terinduksi, penggunaan reassortant yang diperoleh dengan ko-infeksi sel yang sama dengan dua virus berbeda dengan genom tersegmentasi, atau penggunaan bahan kimia yang menginduksi mutase

Vaksin Vektor Rekombinan

Virus dan bakteri dapat direkayasa secara genetik untuk berfungsi sebagai pembawa atau vektor untuk ekspresi DNA asing melalui penggunaan teknologi rekombinan. Prasyarat untuk menggunakan teknologi ini adalah definisi menyeluruh dari antigen pelindung patogen tertentu yang diinginkan. Vektor tersebut memungkinkan pengenalan transgen ke dalam

sel inang, yang mengarah pada produksi antigen protein dan stimulasi respons sel B dan sel T.

Vaksin Chimera

Vaksin chimera mirip dengan vaksin vektor hidup karena menggunakan komponen dari satu agen virus untuk mengangkut gen yang mengkode ekspresi antigen pelindung penting dari patogen yang dimaksud. Dalam kasus vaksin chimera, vektor dan patogen yang dimaksud biasanya berada dalam famili yang sama. Hingga saat ini, teknologi ini telah diterapkan secara luas untuk mengimunisasi terhadap demam berdarah, ensefalitis Jepang (JE), dan WNV, yang semuanya merupakan flavivirus, menggunakan galur vaksin 17D yang sangat dilemahkan dari flavivirus terkait, virus demam kuning (YF), sebagai vektor.

Vaksin DNA

Teknologi vaksinasi baru lainnya yang saat ini sedang diselidiki, dan baru-baru ini dilisensikan untuk digunakan dalam vaksin WNV, adalah vaksinasi DNA. Dasar untuk imunisasi DNA adalah bahwa sel inang mengambil DNA telanjang, dan sel-sel yang ditransfeksi secara *in vivo* ini mengekspresikan gen asing yang memberi sinyal sintesis protein antigenik secara *in vivo* dengan cara yang identik dengan yang terjadi pada infeksi alami. Akibatnya, vaksin DNA tampaknya merangsang imunitas humoral dan seluler. Vaksin DNA menawarkan banyak manfaat potensial dari vaksin hidup tanpa risiko bawaan yang sama, seperti kembalinya virulensi. Karena vaksin terdiri dari satu gen, vaksin tidak akan menyebabkan infeksi atau penyakit. Selain itu, vaksin DNA biasanya hanya menginduksi ekspresi satu atau beberapa dari banyak antigen protein yang ada dalam mikroorganisme induk, sehingga meningkatkan kemungkinan mengembangkan uji diagnostik pendamping untuk membedakan hewan yang divaksinasi dari hewan yang menjadi pembawa penyakit. Keuntungan lain dari respons inang terhadap satu protein daripada berbagai macam protein yang ada dalam patogen adalah bahwa banyak patogen memiliki protein yang dapat menurunkan respons imun terhadap protein yang diinginkan. Lebih jauh, vaksin DNA biasanya mampu mengatasi kekebalan yang diperoleh dari ibu pada neonatus.

Vaksin penanda (atau DIVA)

diperlukan dalam situasi di mana perbedaan antara hewan yang terinfeksi secara alami dan hewan yang divaksinasi penting. Vaksin tersebut dapat berupa vaksin subunit, vaksin yang dihapus gennya, vaksin vektor, atau vaksin DNA dan selalu digunakan bersamaan dengan uji diagnostik. Dasar vaksin penanda adalah bahwa hewan yang divaksinasi tidak menginduksi

antibodi terhadap protein penanda yang tidak ada dalam vaksin, tetapi termasuk dalam uji diagnostik. (Hamidzadeh et al., 2017)

3. Imunisasi Pasif

Imunisasi pasif melalui pemberian plasma eksogen atau produk serum dari donor imun umumnya dilakukan sebagai cara memberikan perlindungan sementara dari infeksi selama periode risiko tertentu. Produk plasma dan serum dari donor yang diimunisasi berlebihan juga digunakan sebagai tambahan untuk pengobatan kondisi penyakit tertentu seperti tetanus, botulisme, infeksi WNV, endotoxemia, septikemia neonatal, dan hipoalbuminemia sekunder akibat penyakit lain (lihat bab yang sesuai yang membahas penyakit ini untuk informasi lebih lanjut). Tingkat dan durasi perlindungan bergantung pada jumlah imunoglobulin total dan spesifik yang diberikan, tetapi peluruhan cepat antibodi eksogen pasti hanya memberikan perlindungan sementara.

Kekebalan pasif paling umum diinduksi melalui pemberian imunoglobulin manusia, tetapi serum hewan dan antibodi monoklonal juga kadang-kadang digunakan untuk imunisasi pasif individu.

Imunoglobulin yang berasal dari manusia terutama mengandung antibodi IgG yang diekstrak dari plasma sejumlah besar donor darah dan biasanya diberikan melalui rute pemberian intravena atau intramuskular. Bergantung pada metode produksi dan tujuan penerapannya, tersedia dua kelompok produk:

- a. Human serum globulin (gammaglobulin atau imunoglobulin intravena, IVIG)

Mengandung antibodi yang spesifik untuk berbagai patogen yang umum ditemukan oleh sebagian besar orang dan terdapat dalam darah kebanyakan orang dewasa (repertoar antibodi normal dalam populasi manusia). Mereka diekstraksi dari plasma ribuan donor darah yang dipilih secara acak. Produk-produk ini digunakan untuk profilaksis penyakit menular pada pasien dengan defisit produksi antibodi (hipo- atau agammaglobulinemia). Selain itu, mereka terkadang digunakan untuk pencegahan penyakit menular tertentu (misalnya campak, hepatitis A, rubella pada trimester pertama kehamilan, dll.) dalam kasus-kasus ketika produk dengan titer imunoglobulin spesifik yang tinggi (lihat di bawah) tidak tersedia. Selain untuk pencegahan penyakit menular, imunoglobulin intravena (IVIG) juga semakin banyak digunakan untuk penyakit hematologi (misalnya, trombositopenia idiopatik, ITP) dan berbagai penyakit autoimun.

- b. Imunoglobulin spesifik atau imunoglobulin titer tinggi (juga disebut globulin hiperimun)

Mengandung titer antibodi tinggi yang spesifik untuk patogen tertentu dan digunakan dalam profilaksis atau terapi untuk penyakit menular tertentu.

Imunoglobulin ini diekstraksi dari plasma orang seropositif dengan antibodi titer tinggi untuk patogen tertentu, yaitu mereka yang telah divaksinasi atau baru saja menderita penyakit yang disebabkan oleh patogen tersebut. Produk ini telah dikembangkan untuk hepatitis B, tetanus, rabies, virus pernapasan syncytial (RSV), varicella (cacar air), dan patogen/penyakit lainnya

D. Latihan Soal

Soal MCQ

1. Manakah dari berikut ini yang merupakan penghambat peradangan yang diketahui ...
 - A. TNF α .
 - B. B faktor pertumbuhan saraf.
 - C. Protein C.
 - D. Neuropeptida Y.
 - E. NK Sel

2. Vaksin DNA dapat efektif jika ...
 - A. Dapat direkayasa untuk mengandung motif DNA yang memiliki efek adjuvan.
 - B. Mengkodekan ekspresi antigen.
 - C. Mengkodekan ekspresi sitokin yang sesuai.
 - D. Semua benar
 - E. Semua salah

3. Kelas imunoglobulin utama yang ditemukan dalam kolostrum adalah ...
 - A. IgG.
 - B. IgA.
 - C. IgM.
 - D. IgE.
 - E. IgD

4. Makrofag ...
 - A. Beredar dalam aliran darah.
 - B. Menghasilkan oksida nitrat.
 - C. Memiliki reseptor untuk IgM.
 - D. adalah leukosit pertama yang tiba di lokasi infeksi kulit.
 - E. adalah sel imun utama untuk menangani virus.

5. Fagositosis ...
 - A. Dibawa oleh sel-sel sistem imun adaptif.
 - B. terbatas pada makrofag.
 - C. penting dalam infeksi bakteri.
 - D. adalah proses yang tidak melibatkan energi
 - E. mengakibatkan pembelahan sel.

Soal Essay

1. Jelaskan secara singkat proses inflamasi?
2. Sebutkan klasifikasi inflamasi berdasarkan dengan penyebab?
3. Sebutkan Tiga kejadian utama terjadi selama respons inflamasi?
4. Pengikatan Ag-Ab merupakan fenomena yang sangat spesifik di mana kedua entitas harus memiliki situs pengikatan komplementer yang sangat cocok. Kekuatan pengikatan antara keduanya disebut?
5. Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS) didefinisikan sebagai terpenuhinya dua atau lebih gejala yaitu?

Kunci Jawaban

1. C
2. D
3. B
4. B
5. C

E. Rangkuman Materi

Antigen adalah penyerbu asing (virus, bakteri, jamur, parasit), yang memicu respons imun dalam tubuh. Antibodi adalah protein berbentuk Y khusus yang memiliki tempat pengikatan spesifik (paratop) yang berinteraksi dengan epitop atau determinan antigenic. Faktanya, antibodi yang merupakan imunoglobulin mengalami perubahan konformasi pada suhu ekstrem dan nilai pH. Meskipun non-kovalen dan reversibel, interaksinya cukup kuat untuk membentuk kompleks Ag-Ab. Hal ini menjadi dasar untuk beberapa uji imunologi yang sangat signifikan yang dirancang untuk mendeteksi antigen dan/atau antibodi. Oleh karena itu, uji ini dapat digunakan dalam diagnosis penyakit, identifikasi beberapa biomolekul yang relevan secara klinis, dan estimasi kekuatan respons imun.

Pengikatan Ag-Ab merupakan fenomena yang sangat spesifik di mana kedua entitas harus memiliki situs pengikatan komplementer yang sangat cocok. Kekuatan pengikatan antara keduanya dijelaskan dengan istilah 'Afinitas' dan 'Aviditas'.

Antibodi yang memiliki afinitas rendah terhadap antigen akan mengikat secara lemah dan karenanya mudah terdisosiasi sementara yang mengikat dengan kuat akan tetap terikat untuk jangka waktu yang lebih lama. Pengikatan antigen dan antibodi bersifat reversibel dan dapat dicegah atau dipisahkan dengan kekuatan ionik yang tinggi atau pH yang ekstrem. Berikut ini adalah beberapa fitur umum dari interaksi ini: sifat fisikokimia, affinity, avidity, spesifitas, reaksi silang. Tahapan reaksi antigen antibody yaitu primer dan sekunde. Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi antigen dan antibody adalah jarak antara tempat reaktif pada antibody, tolakan Listrik antara sel darah merah, Lokasi penentu antigen, jumlah determinan antigenic, kecocokan, suhu, pH, kekuatan ionik, konsentrasi antigen dan antibody, serta jumlah situs pengikatan antigen fragmen

Manusia harus mempertahankan diri terhadap virus, bakteri, jamur, protozoa, parasit, dan sel tumor serta kerusakan fisik, kimia, atau traumatis – peradangan merupakan reaksi tubuh terhadap kejadian tersebut. Tubuh juga harus merespons cedera dengan menyembuhkan dan memperbaiki jaringan yang rusak. Banyak mekanisme efektor yang mampu mempertahankan tubuh terhadap antigen dan agen tersebut telah berkembang dan ini dimediasi oleh molekul terlarut atau oleh sel-sel sistem imun. Tiga kejadian utama terjadi selama respons ini: (i) peningkatan suplai darah ke jaringan; (ii) peningkatan permeabilitas kapiler yang disebabkan oleh retraksi sel endotel; dan (iii) leukosit bermigrasi keluar dari kapiler ke jaringan di sekitarnya. Ciri-ciri utama respons inflamasi adalah:

1. Vasodilatasi untuk meningkatkan aliran darah ke area yang terinfeksi.
2. Peningkatan permeabilitas vaskular untuk memungkinkan komponen yang dapat berdifusi masuk ke lokasi.
3. Infiltrasi seluler melalui kemotaksis, atau pergerakan sel inflamasi yang terarah melalui dinding pembuluh darah ke lokasi cedera.
4. Aktivasi sel sistem imun dan sistem enzim.

Tindakan faktor eksogen menyebabkan perubahan biokimia dan struktural dalam sel, yang disebut sebagai perubahan degeneratif atau distrofik hingga nekrotik. Penginduksi eksogen dapat dibagi menjadi penginduksi eksogen mikroba dan non-mikroba. Penyakit inflamasi kronis merupakan penyebab kematian terbanyak di seluruh dunia. WHO (Organisasi Kesehatan Dunia) menganggap penyakit kronis sebagai ancaman terbesar bagi kesehatan manusia. Ciri khas peradangan kronis adalah infiltrasi sel inflamasi primer seperti makrofag, limfosit, dan sel plasma di lokasi jaringan yang menghasilkan sitokin inflamasi, faktor pertumbuhan, dan enzim. Peran utama peradangan adalah membawa cairan, protein, dan sel darah ke jaringan yang terinfeksi atau rusak. Oleh karena itu, peradangan akut dikaitkan dengan masuknya leukosit, komplemen, antibodi, dan

zat lain secara protektif ke lokasi peradangan yang berkembang. Proses inflamasi yang terjadi di tingkat lokal terdiri dari lima langkah:

1. Kerusakan jaringan
2. Pengenalan kerusakan
3. Aktivasi sel imun dalam jaringan
4. Penghancuran jaringan yang rusak
5. Reparasi, regenerasi jaringan yang rusak

Imunoprofilaksis adalah pencegahan penyakit menular melalui induksi atau peningkatan respons imun protektif spesifik. Imunitas dapat diperoleh secara pasif melalui transfer alami atau pemberian faktor humoral atau seluler eksogen dari hewan yang sebelumnya diimunisasi melalui paparan alami atau vaksinasi. Namun, pendekatan yang lebih disukai adalah menginduksi respons protektif secara aktif melalui pemberian vaksin yang mengandung patogen yang tidak aktif atau hidup yang dimodifikasi untuk melemahkan patogenitasnya komponen mikroba, produk mikroba yang tidak aktif seperti toxoid, atau materi genetik yang mengkode ekspresi antigen protektif. Dari agen infeksi, virus biasanya memiliki rangkaian determinan antigenik paling sederhana yang terlibat dalam respons imun protektif; oleh karena itu, penyakit virus umumnya lebih mudah dikendalikan melalui imunisasi aktif daripada penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan, pada tingkat yang lebih besar, oleh agen jamur, protozoa, dan metazoa.

F. Glosarium

Ag-Ab	: Antigen – Antibodi
IgM	: Imunoglobulin M
IgG	: Imunoglobulin G
WHO	: World Health Organization
APC	: <i>Antigen Presenting Cells</i>
PRR	: <i>Pattern Recognition Receptors</i>
SIRS	: <i>Systemic Inflammatory Response Syndrome</i>
MODS	: <i>Multiple Organ Dysfunction</i>
CARS	: <i>Compensatory Anti-Inflammatory Syndrome</i>
CTL	: <i>Cytotoxic T Lymphocytes</i>
DNA	: Asam Deoksiribonukleat
MLV	: <i>Modified Live Vaccines</i>
YF	: Yellow Fever
Induksi	: Merangsang
Vasodilatasii	: Pelebaran pembuluh darah

Kemoktasis : gerakan dari sel tubuh, bakteri atau organisme sebagai respon akibat terpapar zat kimiawi tertentu dalam lingkungannya

Virulensi : Kemampuan mikroorganisme patogenik untuk menyebabkan kerusakan pada inang

G. Daftar Pustaka

- Ansar, W., & Ghosh, S. (2016). Biology of C reactive protein in health and disease. In *Biology of C Reactive Protein in Health and Disease*. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2680-2>
- Aoki, T., & Narumiya, S. (2012). Prostaglandins and chronic inflammation. *Trends in Pharmacological Sciences*, 33(6), 304–311. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2012.02.004>
- Asiva Noor Rachmayani. (2015). Immunology 7th.
- Bone, R. C., Grodzin, C. J., & Balk, R. A. (1997). Sepsis: a new hypothesis for pathogenesis of the disease process. *Chest*, 112(1), 235–243. <https://doi.org/10.1378/chest.112.1.235>
- Chen, L., Deng, H., Cui, H., Fang, J., Zuo, Z., Deng, J., Li, Y., Wang, X., & Zhao, L. (2018). Inflammatory responses and inflammation-associated diseases in organs. *Oncotarget*, 9(6), 7204–7218. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.23208>
- Ewer, K. J., Lambe, T., Rollier, C. S., Spencer, A. J., Hill, A. V., & Dorrell, L. (2016). Viral vectors as vaccine platforms: from immunogenicity to impact. *Current Opinion in Immunology*, 41, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.coi.2016.05.014>
- Gawaz, M., Langer, H., & May, A. E. (2005). Platelets in inflammation and atherogenesis. *The Journal of Clinical Investigation*, 115(12), 3378–3384. <https://doi.org/10.1172/JCI27196>
- Hamidzadeh, K., Christensen, S. M., Dalby, E., Chandrasekaran, P., & Mosser, D. M. (2017). Macrophages and the Recovery from Acute and Chronic Inflammation. *Annual Review of Physiology*, 79, 567–592. <https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-022516-034348>
- Herrero-Cervera, A., Soehnlein, O., & Kenne, E. (2022). Neutrophils in chronic inflammatory diseases. *Cellular & Molecular Immunology*, 19(2), 177–191. <https://doi.org/10.1038/s41423-021-00832-3>
- Kurbanov, Y. K., Boymuradov, S. A., & Djuraev, J. A. (2021). Overview Of Comprehensive Treatment Of Acute Purulent-Inflammatory Diseases Of The Face And Neck. *The American Journal of Medical Sciences and Pharmaceutical Research*, 03(01), 15–23. <https://doi.org/10.37547/tajmspr/volume03issue01-04>

- Leon, L. R., & Helwig, B. G. (2010). Heat stroke: role of the systemic inflammatory response. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 109(6), 1980–1988. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00301.2010>
- Löwenberg, E. C., Meijers, J. C. M., & Levi, M. (2010). Platelet-vessel wall interaction in health and disease. *The Netherlands Journal of Medicine*, 68(6), 242–251.
- Lydyard, P. (2004). Instant note of immunogy.
- Medzhitov, R. (2008). Origin and physiological roles of inflammation. *Nature*, 454(7203), 428–435. <https://doi.org/10.1038/nature07201>
- Nyström, P. O. (1998). The systemic inflammatory response syndrome: definitions and aetiology. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 41 Suppl A, 1–7. https://doi.org/10.1093/jac/41.suppl_1.1
- O'Connor, T. M., O'Connell, J., O'Brien, D. I., Goode, T., Bredin, C. P., & Shanahan, F. (2004). The role of substance P in inflammatory disease. *Journal of Cellular Physiology*, 201(2), 167–180. <https://doi.org/10.1002/jcp.20061>
- Pahwa, R., Goyal, A., & Jialal, I. (2025). Chronic Inflammation.
- Pathology, G., & Cells, D. (2022). General Features of Inflammation Systemic Effects of Inflammation V . *Tissue Repair*. 1–21.
- Qin, Y. J., Chan, S. O., Lin, H. L., Zhang, Y. Q., He, B. T., Zhang, L., Yu, H. H., Chu, W. K., Pang, C. P., & Zhang, H. Y. (2020). Increased Expression of Growth Hormone-Releasing Hormone in Fibrinous Inflammation of Proliferative Diabetic Retinopathy. *American Journal of Ophthalmology*, 215, 81–90. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2020.02.006>
- Ryan, G. B., & Majno, G. (1977). Acute inflammation. A review. *The American Journal of Pathology*, 86(1), 183–276. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/64118%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC2032041>
- Susan, F. (2022). Antigen-antibody Reactions: An Overview. 8, 1–2. <https://doi.org/10.37421/2469-9756.22.8.133>
- Tigner, A., Ibrahim, S. A., & Murray, I. V. (2025). Histology, White Blood Cell.
- Toliver-Kinsky, T., Kobayashi, M., Suzuki, F., & Sherwood, E. R. (2017). The Systemic Inflammatory Response Syndrome. In *Total Burn Care*, Fifth Edition (Fifth Edition). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-47661-4.00019-8>
- Varela, M. L., Mogildea, M., Moreno, I., & Lopes, A. (2018). Acute Inflammation and Metabolism. *Inflammation*, 41(4), 1115–1127. <https://doi.org/10.1007/s10753-018-0739-1>
- Webster, N. R., & Galley, H. F. (2003). Inflammation and immunity. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care and Pain*, 3(2), 54–58. <https://doi.org/10.1093/bjacepd/mkg014>
- Wechsler, M. E., Munitz, A., Ackerman, S. J., Drake, M. G., Jackson, D. J., Wardlaw, A. J., Dougan, S. K., Berdnikovs, S., Schleich, F., Matucci, A., Chanez, P., Prazma,

- C. M., Howarth, P., Weller, P. F., & Merkel, P. A. (2021). Eosinophils in Health and Disease: A State-of-the-Art Review. *Mayo Clinic Proceedings*, 96(10), 2694–2707. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2021.04.025>
- Wilson, W. D., & Pusterla, N. (2006). Immunoprophylaxis. *Equine Infectious Diseases*, 556–577. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-2406-4.50075-2>

BAB 10

ISU DAN TREN BIOLOGI REPRODUKSI

Tujuan Intruksional:

1. Menjelaskan Isu terkini kesehatan reproduksi
2. Menjelaskan konsep Kehamilan tidak terencana
3. Menjelaskan konsep Penyakit Menular Seksual
4. Menjelaskan konsep Kekerasan Seksual
5. Menjelaskan konsep Isu Kesehatan Reproduksi Masyarakat

Capaian Pembelajaran:

Mahasiswa dapat memahami konsep isu dan tren biologi reproduksi.

Pendahuluan

Biologi reproduksi merupakan cabang ilmu biologi yang berfokus pada proses dan mekanisme yang memungkinkan makhluk hidup berkembang biak dan mempertahankan kelangsungan spesies. Dalam beberapa dekade terakhir, kemajuan teknologi, perubahan lingkungan, serta perkembangan sosial dan budaya telah membawa dinamika baru dalam bidang ini. Akibatnya, muncul berbagai isu serta tren yang menuntut pemahaman lebih mendalam, baik dari aspek ilmiah maupun etis.

Isu-isu dalam biologi reproduksi kini tidak hanya terbatas pada aspek kesehatan reproduksi, tetapi juga mencakup tantangan global seperti penurunan kualitas kesuburan, dampak polusi terhadap sistem reproduksi, serta meningkatnya kasus gangguan reproduksi akibat gaya hidup modern. Di sisi lain, perkembangan teknologi seperti fertilisasi in vitro (IVF), rekayasa genetika, dan kloning telah membuka peluang baru dalam meningkatkan keberhasilan reproduksi, namun juga menimbulkan dilema etika dan sosial yang kompleks.

Tren global menunjukkan peningkatan minat terhadap bioteknologi reproduksi, baik dalam konteks manusia maupun hewan. Hal ini mencakup penggunaan teknik penyimpanan sel germinal, pemetaan genetik embrio, hingga pengembangan organ reproduksi buatan. Inovasi-inovasi ini, meskipun menjanjikan, memerlukan kajian yang cermat agar tidak melampaui batas moral, hukum, dan prinsip keberlanjutan.

Dengan memahami isu dan tren terkini dalam biologi reproduksi, mahasiswa dan peneliti diharapkan mampu melihat permasalahan secara kritis, berpikir solutif, serta

memiliki kesadaran etis dalam penerapan ilmu ini. Kajian terhadap isu dan tren ini menjadi penting tidak hanya untuk pengembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga sebagai dasar pengambilan kebijakan yang adil dan berkelanjutan di bidang kesehatan, pendidikan, dan lingkungan.

Oleh karena itu, topik "Isu dan Tren Biologi Reproduksi" hadir sebagai bagian penting dalam pembelajaran, riset, dan diskusi lintas disiplin, demi menciptakan pemahaman yang holistik dan bertanggung jawab terhadap perkembangan ilmu dan teknologi reproduksi di masa kini dan masa depan.

Uraian Materi

A. Isu Dan Tren Terkini Kesehatan Reproduksi Meliputi Beberapa Hal Antara Lain:

1. Kehamilan tidak terencana.

Kehamilan yang tidak diinginkan masih menjadi salah satu masalah kesehatan reproduksi yang dihadapi oleh remaja. KTD atau kehamilan tidak diinginkan merupakan kehamilan saat dimana salah satu atau kedua belah pihak dari pasangan tidak menginginkan terjadinya kehamilan sama sekali atau kehamilan yang sebenarnya diinginkan tapi tidak pada saat itu. KTD sebenarnya dapat pula terjadi pada pasangan yang telah menikah karena pasangan tersebut belum merencanakan kehamilan. Namun, kasus KTD yang kini menjadi sorotan publik dan menjadi perhatian yaitu kasus KTD yang terjadi pada remaja. (Fatimah N, 2017).

Penyebab terjadinya KTD

- a. Pemeriksaan
- b. Seks bebas atau seks pranikah
- c. Kegagalan memakai alat kontrasepsi
- d. Kepercayaan terhadap mitos – mitos seperti berhubungan seksual sekali tidak akan menyebabkan kehamilan, minum alkohol dan lompat-lompat pasca berhubungan seksual dapat menyebabkan sperma tumpah kembali sehingga tidak akan menyebabkan kehamilan.
- e. Pengaruh lingkungan.

Pola tingkah laku remaja dipengaruhi oleh pertumbuhan sosial dan pola kehidupan masyarakat yang nantinya menentukan kehidupan pribadi remaja. Masa remaja merupakan periode transisi dari masa kanak-kanak ke masa dewasa yang ditandai dengan percepatan perkembangan fisik, mental, emosional, dan social.

Beberapa karakteristik remaja yang berpotensi menyebabkan terjadinya KTD:

- a. Masa remaja adalah masa terjadinya krisis identitas atau pencarian identitas diri, sehingga pengaruh lingkungan yang tidak baik dan kurangnya informasi yang benar menyebabkan permasalahan termasuk KTD.
- b. Kecenderungan membentuk kelompok dan kecenderungan kegiatan berkelompok
- c. Senang berksperimentasi
- d. Ketidakstabilan emosi
- e. Adanya sikap menentang dan menantang orang tua

- f. Kegelisahan karena banyak hal yang diinginkan tetapi remaja tidak sanggup memenuhi semuanya
- g. Senang bereksplorasi

Dampak KTD pada remaja

- a. Tekanan psikologis (sanksi sosial)
- b. Putus sekolah
- c. Keretanan terjadinya gangguan pada kesehatan organ reproduksi
- d. Perasaan malu hingga depresi
- e. Sensitif atau mudah marah
- f. Peningkatan kasus aborsi tidak aman yang mengancam kesehatan akibat terjadinya infeksi yang dapat mengakibatkan peradangan dan risiko kemungkinan terjadinya mandul bahkan kematian

Ancaman kesehatan bagi remaja perempuan yang mengalami KTD

- a. Pada umumnya remaja belum siap mengalami kehamilan dan persalinan yang sehat serta aman.
- b. Hamil dalam usia yang masih terlalu muda mudah terkena tosemia (yang menyebabkan kejang). Remaja yang usianya masih dibawah
- c. 18 tahun memiliki pinggul yang masih terlalu sehingga akan menyakiti bayi. Bila hamil diusia dini besar kemungkinan remaja akan mengalami proses kelahiran yang sulit, lama dan menyakitkan. Kalau tidak ditolong dengan peralatan yang memadai maka dapat berhadapan dengan maut.
- d. Bayi yang dilahirkan oleh ibu yang terlalu muda lebih mungkin berukuran kecil atau lahir prematur (sebelum waktunya).
- e. Bila masih remaja dan terlanjur hamil, cepat hubungi bidan atau petugas kesehatan yang berpengalaman agar mendapatkan layanan kehamilan dan persalinan yang aman.

Pencegahan KTD pada remaja

- a. Peran orang tua
 - 1) Menanamkan pola asuh yang baik pada anak sejak dini
 - 2) Membekali anak dengan dasar moral dan agama
 - 3) Berkomunikasi yang baik dan efektif antara orangtua dan anak
 - 4) Menjadi tokoh panutan bagi anak
- b. Peran pendidik/guru
 - 1) Memberikan informasi yang benar bagi siswanya terkait masalah yang rentan dihadapi remaja
 - 2) Memberikan keleluasaan siswa untuk mengekspresikan diri pada kegiatan ekstrakurikuler
 - 3) Menciptakan kondisi sekolah yang nyaman dan aman bagi siswa

- 4) Bersahabat dengan siswa
 - 5) Meningkatkan deteksi dini terjadinya perilaku yang menyimpang pada remaja
- c. Peran media
- 1) Sajikan tayangan yang mendidik bukan menjerumuskan
 - 2) Tidak menayangkan sinetron atau film yang cenderung memprovokasi remaja untuk melakukan tindakan menyimpang termasuk seks bebas
 - 3) Bertanggung jawab menyajikan tayangan yang layak untuk ditonton bagi remaja
 - 4) Adanya rubric khusus dalam media masa (cetak, elektronik) yang bebas biaya khusus untuk remaja
- d. Peran remaja itu sendiri
- 1) Ikuti kegiatan – kegiatan yang positif
 - 2) Perbanyak informasi yang penting dan berguna untuk pengembangan diri
 - 3) Lebih berhati – hati dalam menyerap informasi dari sumber yang tidak jelas
 - 4) Hati – hati dalam bergaul dan memilih teman, karena bisa jadi teman dekat yang dapat menjerumuskan untuk melakukan seks bebas sehingga berujung pada KTD

Bila sudah terjadi KTD

- a. Sebaiknya beritahukan kehamilan yang terjadi kepada orang yang dipercaya, terutama kepada keluarga (orangtua) kedua belah pihak.
- b. Terkadang solusi “dinikahkan” selalu muncul dari orang tua, padahal pernikahan dalam kasus ini bukan satu-satunya solusi apalagi remaja belum berumur 19 tahun.
- c. Konseling adalah solusi terbaik mengatasi KTD. Untuk itu segeralah cari pelayanan konseling untuk masalah ini yang ada di daerah anda. Dengan melakukan konseling remaja perempuan yang mengalami KTD memiliki hak untuk memutuskan pilihan yang terbaik yang akan dilakukan terhadap kehamilannya.

Bagi mereka yang mengalami KTD, dukungan lingkungan sangat diperlukan. Kepedulian, perhatian serta pengertian sangat dibutuhkan khususnya bagi remaja. Jangan sampai pihak yang seharusnya mendampingi terutama orang tua malah menyalahkan dan akan membuat remaja semakin merasa bersalah dan terperosok. Sekarang bukan bagaimana mencari siapa yang bersalah tapi bagaimana mencari pemecahan masalah bersama.

Bagi para remaja, mulailah untuk bertanggung jawab terhadap diri sendiri karena masa depan berada di tangan remaja itu sendiri. Hargailah dirimu sendiri dan mulai belajar untuk mempertimbangkan segala tindakan dengan masak –

masak dan jangan menutup diri terhadap nasehat atau masukan positif dari lingkungan sekitar. (Yayasan Kesehatan perempuan, 2020).

2. Penyakit Menular Seksual

Infeksi menular seksual atau penyakit menular seksual adalah infeksi yang menular melalui hubungan intim. Penyakit ini umumnya ditandai dengan ruam atau lepuh, keputihan, dan nyeri di area kelamin. Ada banyak jenis penyakit menular seksual, di antaranya chlamydia, gonore, sifilis, herpes, HPV, dan HIV. (Harlim, A. 2019.)

Penyebab Penyakit Menular Seksual

Penyakit menular seksual dapat disebabkan oleh infeksi bakteri, virus, jamur, atau parasit. Berikut ini adalah macam-macam penyakit menular seksual:

- a. Penyakit menular seksual akibat bakteri:

Beberapa jenis penyakit menular seksual yang disebabkan oleh infeksi bakteri adalah:

- 1) Sifilis

Sifilis disebabkan oleh bakteri *Treponema pallidum*. Penyakit yang juga dikenal dengan sebutan "raja singa" ini menimbulkan luka di alat kelamin atau mulut. Seseorang dapat tertular sifilis jika kontak dengan luka tersebut.

- 2) Gonore

Gonore, atau yang dikenal juga dengan kencing nanah, disebabkan oleh bakteri *Neisseria gonorrhoeae*. Bakteri ini dapat menyebar ke bagian tubuh lain melalui aliran darah. Gejala gonore pada pria adalah penis bernanah dan nyeri saat buang air kecil. Sedangkan pada wanita, gejalanya berupa keputihan dan perdarahan di luar periode menstruasi.

- 3) *Chlamydia*

Penyakit infeksi menular seksual ini disebabkan oleh bakteri *Chlamydia trachomatis*. Penularan penyakit ini terjadi dari kontak dengan luka di area kelamin. Pada wanita, chlamydia menyerang leher rahim. Sedangkan pada pria, infeksi ini menyerang saluran urine di penis. Chlamydia merupakan salah satu penyakit menular seksual yang angka kejadianya cukup besar. Pada tahun 2020 saja, WHO mencatat kurang lebih ada 129 juta kasus chlamydia di seluruh dunia. Chlamydia juga merupakan penyebab utama radang panggul dan kemandulan pada wanita, selain gonore.

- 4) Lymphogranuloma venereum (LGV)

LGV merupakan penyakit menular seksual yang disebabkan oleh *Chlamydia trachomatis*. Meski disebabkan oleh bakteri yang sama dengan bakteri penyebab chlamydia, tetapi keduanya memiliki tipe yang berbeda.

5) Granuloma inguinale

Granuloma inguinale atau donovanosis disebabkan oleh infeksi bakteri *Klebsiella granulomatis*. Donovanosis tergolong dalam jenis penyakit menular seksual yang jarang terjadi.

b. Penyakit menular seksual akibat virus

Jenis penyakit menular seksual yang disebabkan oleh infeksi virus antara lain:

1) Human papillomavirus (HPV)

Infeksi menular seksual ini disebabkan oleh virus dengan nama yang sama, yaitu HPV. Virus HPV dapat menular melalui kontak langsung atau hubungan seksual dengan penderita. Pada perempuan, virus HPV dapat menyebabkan kutil kelamin hingga kanker leher rahim (kanker serviks).

2) HIV

Infeksi HIV disebabkan oleh *human immunodeficiency virus* yang menyerang sistem kekebalan tubuh. Virus ini bisa menyebar melalui hubungan seksual tanpa kondom, berbagi penggunaan alat suntik, transfusi darah, atau persalinan. Jika dibiarkan tidak terobati, infeksi HIV dapat berkembang menjadi AIDS.

3) Hepatitis B dan C

Penyakit yang disebabkan oleh virus hepatitis ini dapat mengakibatkan gangguan hati kronis hingga kanker hati. Virus ini ditemukan dalam darah atau cairan tubuh penderita. Selain melalui hubungan seksual, virus ini bisa menular melalui jarum suntik yang dipakai bersama atau transplantasi organ.

4) Herpes genital

Herpes genital disebabkan oleh infeksi virus herpes simplex (HSV). Virus ini bersifat tidak aktif atau bersembunyi di dalam tubuh tanpa menyebabkan gejala. Penyebaran virus terjadi melalui kontak langsung dengan pasangan yang telah terinfeksi.

c. Penyakit menular seksual akibat parasit

Jenis penyakit menular seksual akibat infeksi parasit adalah trikomoniasis, yang disebabkan oleh parasite *Trichomonas vaginalis*. Penyakit ini dapat menimbulkan keputihan pada wanita. Trikomoniasis juga dapat tidak menimbulkan gejala sama sekali. Akibatnya, penderita trikomoniasis bisa secara tidak sadar menularkan penyakit ini ke pasangan seksualnya.

Gejala Penyakit Menular Seksual

Penyakit menular seksual tidak selalu menimbulkan gejala atau hanya menyebabkan gejala ringan. Oleh karena itu, penderita terkadang baru

menyadari dirinya menderita penyakit menular seksual setelah muncul komplikasi atau ketika pasangannya terdiagnosis menderita infeksi menular seksual.

Gejala yang dapat muncul akibat penyakit menular seksual beda tergantung pada jenis penyakitnya, tetapi umumnya berupa:

- a. Benjolan, luka, atau lepuhan di sekitar penis, vagina, anus, atau mulut
- b. Rasa gatal di vagina atau penis
- c. Rasa terbakar dan nyeri ketika buang air kecil atau berhubungan intim
- d. Keluar cairan dari penis (kencing nanah) atau vagina (keputihan)
- e. Nyeri di perut bagian bawah
- f. Demam dan menggigil
- g. Pembengkakan kelenjar getah bening atau benjolan di selangkangan
- h. Ruam kulit di badan, tangan, atau kaki

Selain beberapa gejala di atas, penyakit menular seksual bisa memunculkan gejala lain pada wanita, yaitu peradangan pada rahim (servisitis), perdarahan di luar masa menstruasi dan bau tidak sedap dari vagina. Keluhan ini juga merupakan salah satu tanda penyakit kelamin wanita. Sementara gejala lain penyakit menular seksual pada pria meliputi ruam, sperma berdarah, dan pembengkakan testis.

Pengobatan Penyakit Menular Seksual

Pengobatan terhadap penyakit menular seksual adalah dengan pemberian obat-obatan, yang jenisnya disesuaikan dengan penyebabnya. Berikut adalah jenis obat-obatan yang diresepkan kepada pasien penyakit menular seksual:

- a. Antibiotik

Antibiotik digunakan untuk mengobati berbagai penyakit menular seksual yang disebabkan oleh infeksi bakteri, seperti gonore, chlamydia, dan sifilis. Antibiotik harus tetap dikonsumsi walaupun gejala yang dirasakan telah membaik. Hal ini dilakukan untuk mencegah infeksi kembali terjadi. Jenis antibiotik yang diberikan untuk mengobati penyakit menular seksual akibat infeksi bakteri, antara lain:

- 1) Azithromycin dan doxycycline, untuk mengobati chlamydia
- 2) Ceftriaxone dan gentamicin, untuk mengobati gonore
- 3) Penisilin, doxycycline, tetracycline, amoxicillin, dan ceftriaxone, untuk mengobati sifilis
- 4) Metronidazole, untuk mengobati trikomoniasis

Dokter juga akan menganjurkan pasien untuk tidak berhubungan intim hingga 7 hari setelah pengobatan berakhir dan semua gejala menghilang.

b. Antivirus

Pengobatan dengan obat antivirus hanya bertujuan untuk meredakan gejala dan mengurangi risiko penyebaran infeksi virus. Beberapa jenis obat antivirus yang digunakan untuk menangani penyakit menular seksual akibat infeksi virus adalah:

- 1) Acyclovir, famciclovir, dan valacyclovir, untuk menangani herpes genital
- 2) Adefovir, entecavir, interferon, dan lamivudine, untuk menangani hepatitis
- 3) Podofilox, imiquimod, dan sinecatechins, untuk menangani HPV

c. Antiretroviral (ARV)

Khusus untuk penderita HIV, dokter akan memberikan obat antiretroviral (ARV). ARV bekerja untuk memperlambat perkembangan virus dan mencegah virus HIV menghancurkan sistem kekebalan tubuh. Bila pasien masih berhubungan seksual secara aktif, pasangan seksual pasien juga harus mendapatkan pengobatan. Tujuannya adalah untuk memutus siklus penularan dan mencegah kekambuhan. Pengobatan penyakit menular seksual membutuhkan waktu yang lama. Pasien juga harus melakukan kontrol rutin agar dokter bisa memantau efektivitas pengobatan.

Komplikasi Penyakit Menular Seksual

Deteksi dan penanganan terhadap penyakit menular seksual perlu dilakukan sejak dini guna menghindari terjadinya komplikasi sekaligus mencegah penularan infeksi. Sebaliknya, jika dibiarkan, penyakit menular seksual dapat menyebabkan beberapa komplikasi berikut peradangan di mata, radang sendi (arthritis), radang panggul, nyeri panggul kronis, kemandulan (infertilitas), kehamilan ektopik, penyakit jantung, kanker anus, kanker serviks dan abses anus.

Beberapa penyakit menular seksual, seperti gonore, chlamydia, HIV, dan sifilis bisa menular dari ibu hamil ke janin selama kehamilan atau saat persalinan. Kondisi ini dapat memicu komplikasi, seperti keguguran, kelahiran premature, berat badan lahir rendah dan cacat lahir pada bayi.

Pencegahan Penyakit Menular Seksual

Cara utama untuk mencegah penyakit menular seksual adalah dengan menerapkan perilaku seks yang aman, yaitu dengan menggunakan kondom setiap berhubungan intim dan tidak bergonta-ganti pasangan seksual. Selanjutnya, perlu dilakukan skrining rutin untuk semua pria dan wanita usia 15–65 tahun yang aktif berhubungan seksual, serta semua pasangan yang merencanakan kehamilan.

Tergantung pada jenis penyakitnya, metode skrining dapat berupa tes usap kelamin atau tes darah.

Beberapa tindakan pencegahan lain yang dapat dilakukan adalah:

- a. Bersikap setia kepada satu pasangan seksual
- b. Menjalani vaksinasi, terutama vaksin HPV dan hepatitis B
- c. Menjalani pemeriksaan kesehatan secara berkala, khususnya yang berkaitan dengan organ reproduksi
- d. Tidak menggunakan NAPZA, terutama dengan berbagai penggunaan jarum suntik
- e. Tidak berhubungan intim jika didiagnosis menderita penyakit menular seksual sampai dinyatakan sembuh oleh dokter

Selain upaya-upaya di atas, pria juga disarankan untuk menjalani prosedur [sunat](#) untuk mengurangi risiko terkena penyakit menular seksual. (Harlim, A. 2019).

3. Kekerasan Seksual

Kekerasan seksual pada remaja merupakan masalah serius yang mempengaruhi kesehatan fisik dan mental korban dalam jangka pendek maupun panjang. Penelitian menunjukkan bahwa remaja adalah kelompok yang rentan terhadap kekerasan seksual akibat berbagai faktor, termasuk kurangnya pendidikan seksual, pengaruh media, dan dinamika sosial yang kompleks. Remaja yang mengalami kekerasan seksual sering kali menghadapi trauma psikologis, penurunan prestasi akademik, serta risiko tinggi terhadap berbagai masalah kesehatan mental seperti depresi dan kecemasan. Kekerasan seksual merupakan bentuk kekerasan yang menyakiti dan melanggar martabat korban. Kekerasan seksual dapat terjadi dalam berbagai bentuk, termasuk pemerkosaan, pencabulan, pelecehan seksual, atau eksploitasi seksual. (Hastry, S. (2021).

Faktor – faktor dalam kekeasan seksual remaja Berdasarkan temuan penelitian Nazmi (2017), kekerasan seksual pada remaja dapat mempengaruhi kesehatan mental korban, ada dua faktor dalam kekerasan seksual remaja yaitu:

- a. Faktor psikologis

Memainkan peran penting dalam kekerasan seksual pada remaja. Salah satu faktor utama adalah trauma masa lalu yang dialami oleh pelaku atau korban. Remaja yang pernah mengalami kekerasan atau pelecehan seksual sebelumnya cenderung memiliki risiko lebih tinggi untuk terlibat dalam atau menjadi korban kekerasan serupa. Trauma masa kecil, seperti pengabaian atau kekerasan fisik, dapat mempengaruhi perkembangan emosional dan perilaku, membuat remaja lebih rentan terhadap situasi berisiko. Selain itu, gangguan psikologis seperti depresi, kecemasan, dan gangguan stres pascatrauma (PTSD) juga dapat meningkatkan kerentanan terhadap kekerasan seksual.

- b. Faktor emosi dan hubungan interpersonal.

Remaja yang memiliki kesulitan dalam mengungkapkan atau mengendalikan emosi negatif seperti kemarahan atau frustrasi mungkin lebih cenderung

melakukan kekerasan sebagai cara untuk mengekspresikan diri atau mendapatkan kendali. Dinamika sosial dan pengaruh teman sebaya juga berperan penting; tekanan dari kelompok sebaya atau keinginan untuk diterima dalam lingkungan sosial tertentu dapat mendorong remaja untuk terlibat dalam perilaku berisiko. Kurangnya pendidikan seks yang memadai dan pemahaman tentang batas-batas personal serta persetujuan juga menjadi faktor krusial yang dapat meningkatkan insiden kekerasan seksual di kalangan remaja.

APA (2020) mengemukakan bahwa penanganan korban kekerasan seksual pada remaja memerlukan pendekatan yang holistik dan sensitif untuk membantu proses penyembuhan mereka. Langkah pertama yang krusial adalah memberikan dukungan emosional dan psikologis segera setelah insiden terjadi. Remaja korban kekerasan seksual sering kali mengalami trauma yang mendalam dan membutuhkan lingkungan yang aman dan mendukung untuk mengungkapkan perasaan mereka. Konseling individual atau kelompok, serta terapi trauma seperti terapi kognitif-perilaku (CBT) atau terapi EMDR (Eye Movement Desensitization and Reprocessing), dapat sangat bermanfaat dalam membantu mereka mengatasi dampak emosional dari kekerasan yang dialami. (Park et al., 2021).

Aspek medis juga penting dalam penanganan korban kekerasan seksual. Menurut (Samatha et al., 2018) pemeriksaan medis setelah kejadian sangat diperlukan untuk mengatasi cedera fisik, mencegah penyakit menular seksual, dan mengumpulkan bukti forensik jika korban memilih untuk melaporkan kejadian tersebut. Perawatan medis harus dilakukan dengan sangat hati-hati dan hormat untuk meminimalkan trauma tambahan. Selain itu, pemberian obat profilaksis untuk mencegah infeksi dan kontrasepsi darurat dapat menjadi bagian dari perawatan medis yang menyeluruh.

Pendampingan hukum dan perlindungan juga merupakan komponen penting dalam proses pemulihan. Korban dan keluarga mereka memerlukan informasi dan dukungan tentang hak-hak hukum mereka, termasuk proses pelaporan kekerasan dan prosedur peradilan. Bantuan dari layanan sosial dan organisasi yang berfokus pada korban kekerasan seksual dapat menyediakan pendampingan hukum serta dukungan praktis lainnya, seperti perlindungan terhadap pelaku, bantuan tempat tinggal darurat, dan dukungan finansial jika diperlukan. Upaya ini bertujuan untuk menciptakan rasa aman dan memberdayakan korban untuk melanjutkan hidup mereka dengan lebih percaya diri dan bermartabat. (Agustini et al., 2021).

B. Isu Kesehatan Reproduksi Masyarakat

1. Kesehatan Mental: Kesehatan mental yang buruk dapat berdampak pada kesehatan reproduksi, seperti stres dan kecemasan. Berikut beberapa dampak kesehatan mental yang buruk pada kesehatan reproduksi ketidakteraturan siklus menstruasi pada wanita, risiko lebih tinggi mengalami masalah selama kehamilan, risiko lebih besar mengalami depresi pascapersalinan, risiko keguguran, kelahiran prematur, dan berat badan lahir rendah dan risiko kekambuhan gejala gangguan bipolar setelah kehamilan. Stres dan kecemasan adalah kondisi kesehatan mental yang dapat berdampak pada kesehatan reproduksi. Stres merupakan reaksi emosional dan fisik yang terjadi ketika seseorang harus menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan. Untuk meningkatkan kesehatan reproduksi, Anda dapat Mengelola stress, mengubah gaya hidup sehat dan mengonsumsi makanan yang kaya akan asam folat, zat besi, protein, dan vitamin D. (Ahmad, Mukhlisiana. 2020).
2. Keterbatasan Akses Informasi: Kurangnya akses informasi tentang kesehatan reproduksi membuat masyarakat kurang memahami cara menjaga kesehatan reproduksi. Kurangnya pengetahuan tentang kesehatan reproduksi dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti Kehamilan di usia muda, Aborsi, Infeksi menular seksual (IMS), Kekerasan seksual, Pernikahan dini, dan HIV/AIDS. Kesehatan reproduksi adalah kesejahteraan fisik, mental, dan sosial yang utuh. Informasi yang akurat dan terpercaya tentang kesehatan reproduksi dapat membantu remaja menjaga kesehatan mereka. Untuk menjaga kesehatan reproduksi, Anda dapat Menggunakan handuk yang bersih, kering, dan tidak berbau, Memakai celana dalam yang mudah menyerap keringat, Mengganti pakaian dalam minimal dua kali sehari dan Membersihkan alat kelamin dari arah depan ke belakang setelah buang air kecil.
3. Keterbatasan Akses Pelayanan: Keterbatasan akses pelayanan kesehatan reproduksi juga menjadi masalah yang perlu diatasi. Keterbatasan ini dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti penyakit menular, kehamilan yang tidak diinginkan, dan kekerasan seksual. Beberapa penyebab keterbatasan akses pelayanan kesehatan reproduksi adalah:
 - a. Faktor geografis, seperti sulitnya akses transportasi dan infrastruktur yang buruk
 - b. Kurangnya fasilitas kesehatan dasar, seperti pusat kesehatan dan rumah sakit
 - c. Kurangnya tenaga kesehatan yang terlatih

Untuk mengatasi keterbatasan akses ini, diperlukan upaya-upaya berikut: Meningkatkan infrastruktur kesehatan, Menyediakan transportasi yang terjangkau, Meningkatkan akses terhadap layanan kesehatan reproduksi yang

berkualitas, Melakukan kampanye kesadaran publik, Meningkatkan pendidikan kesehatan reproduksi.

C. Upaya Penyelesaian

1. Pendidikan Kesehatan Reproduksi: Pendidikan kesehatan reproduksi yang tepat dan komprehensif perlu diberikan kepada remaja dan masyarakat. Pendidikan ini dapat membantu remaja untuk menghindari masalah kesehatan reproduksi, seperti kehamilan tidak direncanakan, penyakit menular seksual, dan aborsi tidak aman. Berikut beberapa manfaat pendidikan kesehatan reproduksi bagi remaja mencegah kehamilan dini, mengurangi risiko aborsi tidak aman, mengurangi risiko IMS, mengurangi risiko komplikasi kehamilan, menjauhkan remaja dari praktik seks yang tidak bertanggung jawab, membantu remaja menjalani gaya hidup yang lebih sehat dan membantu remaja memiliki hubungan yang lebih bertanggung jawab.
Beberapa hal yang dapat dibahas dalam pendidikan kesehatan reproduksi adalah:
 - a. Sistem, proses, dan fungsi reproduksi
 - b. Risiko penyakit potensial
 - c. Kekerasan seksual dan cara menghindarinya
 - d. Consent
2. Peningkatan Akses Informasi: Peningkatan akses informasi tentang kesehatan reproduksi perlu dilakukan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat. Hal ini karena kesehatan reproduksi merupakan faktor penting dalam menjaga kualitas hidup dan pembangunan suatu komunitas. Berikut beberapa manfaat dari peningkatan akses informasi tentang kesehatan reproduksi meningkatkan kesadaran masyarakat tentang masalah kesehatan reproduksi, membantu mencegah kehamilan di usia dini, membantu mencegah infeksi menular seksual, termasuk HIV/AIDS, membantu melindungi ibu dan anak dari penyakit menular, membantu meningkatkan partisipasi perempuan dalam pembangunan desa.
Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan akses informasi tentang kesehatan reproduksi adalah menyediakan pendidikan seksual yang berkualitas, memperluas dan meningkatkan fasilitas kesehatan reproduksi, mengadakan sosialisasi tentang kesehatan reproduksi melalui seminar, lokakarya, atau program edukatif lainnya dan menghilangkan stigma terkait seksualitas dan kesehatan reproduksi.
3. Peningkatan Akses Pelayanan: Peningkatan akses pelayanan kesehatan reproduksi perlu dilakukan untuk memastikan bahwa masyarakat dapat

memperoleh pelayanan kesehatan reproduksi yang memadai. Peningkatan akses pelayanan kesehatan reproduksi dapat dilakukan dengan cara:

- a. Menyediakan fasilitas kesehatan yang memadai dan terjangkau
- b. Melatih tenaga medis yang berkualitas
- c. Memberikan bantuan keuangan kepada masyarakat yang kurang mampu
- d. Mengintegrasikan pelayanan kesehatan reproduksi ke dalam program kesehatan dasar

Pentingnya menjaga kesehatan reproduksi adalah untuk menjamin keberlangsungan hidup manusia dari generasi ke generasi. Kesehatan reproduksi yang baik juga dapat membantu mencegah kehamilan yang tidak diinginkan, penyebaran IMS, dan kekerasan seksual. Untuk menjaga kesehatan reproduksi, Anda dapat:

- a. Mengganti pakaian dalam minimal 2 kali sehari
- b. Menjaga kebersihan alat reproduksi
- c. Mengetahui penyakit HIV/AIDS dan penyakit menular seksual lainnya
- d. Mengetahui dan menghindari kekerasan seksual

D. Latihan Soal

1. Seorang Remaja umur 14 tahun berjenis kelamin perempuan datang ke klinik Bidan di temani ibu nya dengan keluhan vagina gatal. Hasil pemeriksaan fisik: TD 110/ 70 mmHg, N 80 x/ menit, S 36,7 °C dan P 22x/ menit, inspeksi pada organ reproduksi luar terlihat cairan berwarna keputihan dan tidak berbau. Apakah penyebab gatal pada vagina remaja tersebut?
 - A. Infeksi Jamur
 - B. Penyakit Menular Seksual
 - C. Alergi Makanan
 - D. Stress
 - E. Kanker
2. Seorang remaja perempuan berusia 18 tahun datang ke TPMB bersama ibunya dengan keluhan perutnya sering kram dan merasakan mual dan pusing. Hasil anamnesa: pasien sudah tidak datang menstruasi selama 2 bulan, bidan meminta untuk melakukan test peck dengan mengambil urine pasien, namun pasien tidak mau melakukannya. Apa langkah yang paling tepat dilakukan oleh bidan?
 - A. Meminta untuk jujur
 - B. Memberi tahu keluarga terhadap keadaan anaknya

- C. Menjelaskan kepada pasien dan keluarga tentang gejala-gejala yang dialami pasien
 - D. Memberikan support dan pemahaman terhadap kondisinya
 - E. Memaksa pasien untuk melakukan tes urine
3. Seorang perempuan berusia 15 tahun datang ke TPMB dengan kondisi sudah tidak sadarkan diri, dari mulut pasien keluar busa, pergelangan tangannya sedikit di toreh pisau dan mengeluarkan darah, setelah dilakukan tes labor, didapatkan hasil bahwa pasien positif narkoba dan overdosis. Apakah tindakan yang paling tepat dilakukan bidan terhadap kondisi psikologis pasien?
- A. Melakukan penyuluhan bahaya narkoba
 - B. Deteksi dini
 - C. Skrining
 - D. Sosialisasi kepada remaja dan keluarga tentang bahaya narkoba terhadap masa depan
 - E. Memberikan sembako
4. Seorang anak perempuan, umur 13 tahun, datang ke BPM diantar ibunya dengan keluhan nyeri perut. Hasil anamnesis: ibu merasa khawatir karena anak tidak bisa sekolah dan selalu terjadi setiap siklus menstruasi, darah yang keluar bergumpal dan banyak. Hasil pemeriksaan: TD 90/60 mmHg, N 86x/menit, P 20x/menit, S 36,50 C, tidak ada massa pada abdomen dan nyeri tekan. Tanda apakah yang paling mungkin terjadi pada kasus tersebut?
- A. Menarche
 - B. Dismenore
 - C. Gangguan haid
 - D. Nyeri saat ovulasi
 - E. Pre menstrual syndrome
5. Seorang perempuan usia 19 tahun, datang ke Poliklinik Kandungan Rumah Sakit A, dengan keluhan gatal pada daerah kemaluan keputihan, panas, dan nyeri waktu kencing. Hasil anamnesis sering gonta ganti pasangan seksual. Hasil pemeriksaan Tekanan Darah 110/70 mmHg, Nadi 90x/menit, Respirasi 24x/menit dan suhu 38°C. Apakah penyebab masalah sesuai dengan kasus tersebut?
- A. Candida albicans
 - B. Streptococcus
 - C. E.Coli
 - D. AIDS

Essai

1. Jelaskan dampak kurangnya pengetahuan masyarakat (ibu dan remaja) terhadap Pelayanan Kesehatan reproduksi?
2. Jelaskan konsep kekerasan seksual yang anda ketahui?
3. Sebutkan dan jelaskan komplikasi pada penyakit menular seksual?
4. Sebutkan dan jelaskan dampak kehamilan tidak diinginkan pada remaja?
5. Sebutkan dan jelaskan minimal 3 penyakit yang termasuk dalam infeksi menular seksual?

Kunci Jawaban

1. A
2. C
3. D
4. B
5. A

E. Rangkuman Materi

Cakupan kesehatan reproduksi sangat luas. Kesehatan reproduksi tidak hanya tentang kesehatan reproduksi perempuan dalam arti yang sempit atau dangkal, contohnya hanya pada masalah perempuan usia subur yang telah menikah, kehamilan dan persalinan, tetapi mencakup hal yang lebih luas yaitu seluruh tahapan kehidupan perempuan sejak dari konsepsi, proses kehamilan, melahirkan sampai usia lanjut. Masalah yang perlu diperhatikan dalam kesehatan reproduksi, yaitu kesehatan reproduksi, seks bebas di kalangan remaja, pencegahan penyakit HIV/ AIDS, PMS dan pencegahan kenakalan remaja, kontrasepsi dan Keluarga Berencana. Faktor-faktor non klinis yang menyertai seperti faktor demografi, ekonomi, budaya dan lingkungan, faktor biologis dan faktor psikologis yang mempengaruhi kesehatan reproduksi dapat memberikan dampak buruk terhadap kesehatan perempuan. Intervensi pemerintah terhadap penanganan masalah Kesehatan Reproduksi ini akan sangat membantu dalam mewujudkan kesejahteraan perempuan. Kebijakan teknis operasional di Indonesia untuk mewujudkan pemenuhan hak-hak reproduksi: Promosi hak-hak kesehatan reproduksi, advokasi hak-hak kesehatan reproduksi, KIE hak-hak kesehatan reproduksi dan Sistem pelayanan hak-hak reproduksi.

F. Glosarium

AIDS: Acquired Immune Deficiency Syndrome kondisi ketika sistem kekebalan tubuh sangat lemah akibat infeksi HIV. AIDS merupakan tahap akhir dari infeksi HIV.

Aborsi: Tindakan pengguguran kandungan yang dilakukan secara sengaja sebelum janin dapat hidup di luar rahim. Aborsi dapat dilakukan dengan obat-obatan atau operasi.

CBT: Terapi perilaku kognitif terapi bicara yang membantu mengatasi masalah kesehatan mental dan emosional. CBT bertujuan untuk membantu pasien mengubah pola pikir negatif dan meningkatkan kualitas hidup.

EMDR: Terapi Eye Movement Desensitization and Reprocessing (EMDR) terapi psikoterapi yang membantu pasien memproses ingatan traumatis. Terapi ini menggunakan gerakan mata atau stimulasi fisik lainnya untuk membantu pasien mengurangi emosi yang mengganggu terkait dengan trauma.

NAPZA: Narkotika, Psikotropika, dan Zat Adiktif obat atau zat yang jika masuk ke dalam tubuh akan berpengaruh terhadap fungsi tubuh, terutama otak sehingga dapat mempengaruhi kerja otak dan mengubah perilaku pemakainya menjadi tidak normal.

G. Daftar Pustaka

Adiyanto, W. 2023. Kajian Kritis Klarifikasi Pihak Terduga Pelaku Kekerasan Seksual di Kampus. *Medkom: Jurnal Media dan Komunikasi*, 4(1).

Agustini, I., Rachman, R., & Haryandra, R. 2021. Perlindungan Hukum Terhadap Korban Kekerasan Seksual : Kajian Kebijakan Hukum Pidana Indonesia dan Hukum Pidana Islam. *Rechtenstudent*, 2(3), 342-355.

Ahmad, Mukhlisiana. 2020. Buku Ajar Kesehatan Reproduksi. Media Sains Indonesia: Bandung

Fatimah N. 2017. Buku Ajar Asuhan Kebidanan Kehamilan. Fakultas Kedokteran Dan Kesehatan Universitas Muhamadiyah: Jakarta

Harlim, A. 2019. Buku Ajar Ilmu Kesehatan Kulit Dan Kelamin FK UKI. FK UKI: Jakarta.

Hastry, S. 2021. Kekerasan Seksual Pada Perempuan: Solusi Integratif dari Forensik Klinik. Rayyana Komunikasindo: Jakarta

Nazmi, I. P. 2017. Loneliness dan dukungan sosial pada remaja perempuan korban kekerasan seksual. *Psikoborneo: Jurnal Ilmiah Psikologi*, 5(3), 330-335.

Samatha, S. A., Dhanardhono, T., & Bhima, S. K. L. 2018. Aspek medis pada kasus kejahatan seksual. *Jurnal Kedokteran Diponegoro (Diponegoro Medical Journal)*, 7(2), 1012-1029.

Yayasan Kesehatan perempuan, 2020). <https://ykp.or.id/datainfo/materi/222> diakses tanggal 05 Februari 2025

PROFIL PENULIS



Bdn. Merlly Amalia, SST., M.Kes. Lahir di Majalengka, 11 Maret 1980. Pendidikan tinggi S1 pada Program Studi D4 Kebidanan, Universitas Padjajaran tahun 2004. Kemudian melanjutkan pendidikan S2 pada Universitas Respati Indonesia dan lulus tahun 2015. Kemudian kuliah profesi kebidanan di politeknis kesehatan Kartini Bali dan lulus tahun 2023. Riwayat pekerjaan diawali pada tahun 2005 sebagai dosen di Akademi Kebidanan YPIB kemudian berganti jadi STIKes YPIB Majalengka dan sekarang telah menjadi Universitas YPIB Majalengka. Saat ini penulis bekerja di Universitas YPIB Majalengka mengampu mata kuliah Asuhan Neonatus Bayi, Balita dan Anak Prasekolah, Konsep kebidanan, Asuhan Gawat Daruratan Maternal dan neonatal. Penulis aktif dalam berbagai kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi yaitu sebagai penulis buku, publikasi, seminar, Pelatihan. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: amaliamerlly@gmail.com



Bdn. Wiwit Vitania, S.ST., M.Keb. lahir di Surabaya pada 9 Oktober 1988. Perjalanan pendidikannya dimulai dengan menempuh jenjang D3 di Program Studi Kebidanan AKBID Jember, kemudian melanjutkan pendidikan D4 di Poltekkes Kemenkes Malang dan berhasil lulus pada tahun 2011. Kecintaannya terhadap dunia kebidanan membawanya meraih gelar Magister Kebidanan (S2) di Universitas Padjadjaran pada tahun 2019, hingga akhirnya menyelesaikan Program Studi Profesi Bidan di STIKES Ngudia Husada Madura pada tahun 2023. Kariernya dimulai pada tahun 2009 sebagai bidan di Bidan Praktik Mandiri dan Puskesmas. Saat ini, ia berkontribusi sebagai tenaga pengajar di Universitas Jayapura. Tak hanya aktif dalam dunia akademik, ia juga berperan dalam berbagai kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi, termasuk menulis buku, melakukan publikasi ilmiah, menghadiri seminar, serta menjalankan praktik kebidanan. Untuk informasi lebih lanjut, penulis dapat dihubungi melalui email: wiwitvitania88@gmail.com atau stvitania08@gmail.com.

Motto: Ilmu dan ketulusan adalah harta sejati seorang bidan. Menjadi bidan bukan sekadar profesi, tetapi panggilan jiwa untuk terus belajar, berjuang, dan melayani dengan hati. Kekayaan sejati bukan diukur dari materi, melainkan dari ilmu yang dibagikan, nyawa yang diselamatkan, dan dedikasi tanpa batas dalam mengabdi, mendidik, dan menjaga kehidupan."

PROFIL PENULIS



Khafidhiyah Nur Insaniyah, S.Tr.Keb. M.Kes. Lahir di Surabaya, 06 September 1995. Pendidikan yang telah ditempuh jenjang D-III pada program studi Kebidanan di Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya dan lulus tahun 2016. Dilanjut D-IV pada program studi Kebidanan di Universitas STRADA dan lulus tahun 2018. Kemudian melanjutkan pendidikan S2 pada program studi Ilmu Kesehatan Reproduksi di Universitas Airlangga dan lulus pada tahun 2023. Riwayat pekerjaan penulis diawali menjadi asisten bidan pada tahun 2017. Saat ini penulis bekerja di STIKes Maharani Malang pada program studi S1 Kebidanan.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail : khafidhiyah@gmail.com



Gladeva Yugi Antari, S.SiT, M.Keb. merupakan dosen kebidanan yang menjabat sebagai wakil ketua Tim Pengkajian Jabatan Akademik Dosen Universitas Qamarul Huda Baddarudin Bagu. Telah menerima 3 hibah penelitian dan 1 program sertifikasi profesi dosen non gelar dari tahun 2018 hingga 2023. Penulis dapat dihubungi di email: gladevaantari@gmail.com

PROFIL PENULIS



Dwi Dianita Irawan, S.Keb., Bd., M.Keb., lahir di Tuban, 12 Oktober 1992. Merupakan dosen tetap di Program Studi S1 Kebidanan dan Pendidikan Profesi Bidan Universitas Muhammadiyah Lamongan. Riwayat pendidikan Sarjana Kebidanan (2010) di Universitas Brawijaya Malang, Pendidikan Profesi Bidan (2015) di Universitas Brawijaya Malang dan melanjutkan studi S2 Kebidanan (2017) di Universitas Brawijaya Malang. Gelar Magister Kebidanan diperoleh pada tahun 2019. Aktif dalam penelitian, publikasi jurnal internasional dan nasional, serta aktif menulis buku. Penulis dapat dihubungi melalui email irawan.dianita36@gmail.com.



Nina Hidayatunnikmah, S.Keb., Bd., M.Kes dilahirkan di Gresik pada bulan Januari Tahun 1992. Penulis menyelesaikan S1 Kebidanan pada tahun 2013, pada tahun 2015 penulis menyelesaikan Pendidikan Profesi Bidan di Universitas Brawijaya. Kemudian lanjut S2 di Universitas Airlangga mengambil Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat Peminatan Kesehatan Ibu dan Anak tahun 2015. Saat ini penulis menjadi seorang pengajar di Prodi Kebidanan Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Jawa timur Indonesia. Penulis pernah publikasi jurnal ilmiah nasional. Sekarang ini penulis aktif menulis buku bidang Kesehatan

PROFIL PENULIS



Bdn. Kursih Sulastriningsih, S.SiT., M.Kes. lahir pada tanggal 03 Februari 1971, di Kecamatan Rajadesa ,Kabupaten Ciamis Propinsi Jawa Barat. Jenjang pendidikan yang pernah ditempuh, yaitu SDN Andapraja 1 Ciamis lulus Tahun 1984, SMPN Rajadesa Ciamis lulus tahun 1987, Sekolah Perawat Kesehatan (SPK) M.Ridwan Mouraksa Jakarta lulus Tahun 1990, Program Pendidikan Bidan di M.H. Thamrin Jakarta lulus Tahun 1995, Akademik Kebidanan di Akbid Bhakti Pertiwi Indonesia Jakarta lulus Tahun 2008, Pendidikan D4 Kebidanan di Stikes Mitra Ria Husada Jakarta lulus Tahun 2011, S2 Kesehatan Masyarakat di STIKIM Jakarta lulus Tahun 2015. Riwayat Pekerjaan pada Tahun 1990 - 1994 bekerja di RS THT Perhati sebagai perawat. Tahun 1995-2002 bekerja di Rumah Bersalin. Tahun 2008-2012 bekerja di Klinik Artasari sebagai coordinator. Tahun 1996 Praktik kebidanan sampai sekarang. Tahun 2012 sampai sekarang bekerja di institusi Kebidanan STIKES Bhakti Pertiwi Indonesia sebagai dosen, Tahun 2017- bulan Maret 2024 diangkat sebagai wakil ketua 3 bidang Kemahasiswaan, kemudian di bulan Maret 2024 sampai sekarang menjabat Kepala LPPM. Riwayat Organisasi dari tahun 1995 sampai sekarang menjadi Anggota Ikatan Bidan Indonesia (IBI), dan pada tahun 2013 sampai Sekarang diangkat menjadi pengurus IBI cabang Kota Depok di divisi diklat.

Motto: "Jangan pernah malas untuk membaca, karena dengan membaca akan bertambah ilmu dan wawasan."

Sinopsis

Buku *Buku Ajar: Biologi Reproduksi* ini disusun sebagai referensi ilmiah dan pedagogis yang komprehensif bagi mahasiswa, pendidik, dan profesional di bidang biologi, kedokteran, peternakan, serta ilmu-ilmu kesehatan lainnya. Buku ini membahas secara sistematis berbagai aspek yang berkaitan dengan proses reproduksi pada makhluk hidup, mulai dari konsep dasar hingga penerapan teknologi reproduksi modern.

Materi dalam buku ini meliputi anatomi dan fisiologi sistem reproduksi pria dan wanita, mekanisme hormonal yang mengatur siklus reproduksi, gametogenesis, fertilisasi, implantasi, serta perkembangan embrio. Selain itu, buku ini juga mengangkat topik-topik penting seperti kontrasepsi, gangguan reproduksi, serta bioteknologi reproduksi seperti fertilisasi in vitro (IVF), kloning, dan inseminasi buatan.

Disusun berdasarkan kurikulum terkini dan sumber-sumber ilmiah terpercaya, buku ini tidak hanya memberikan pengetahuan teoretis, tetapi juga dilengkapi dengan ilustrasi, studi kasus, dan soal evaluasi untuk memperkuat pemahaman pembaca. Pendekatan yang digunakan bersifat interdisipliner, menjembatani antara sains dasar dan aplikasinya di dunia nyata.

Dengan bahasa yang jelas, sistematis, dan mudah dipahami, buku ini diharapkan menjadi rujukan utama dalam proses pembelajaran biologi reproduksi di perguruan tinggi, serta menjadi bekal awal yang kuat bagi para pembaca yang ingin melanjutkan studi atau riset di bidang reproduksi dan bioteknologi.

Buku Buku Ajar: Biologi Reproduksi ini disusun sebagai referensi ilmiah dan pedagogis yang komprehensif bagi mahasiswa, pendidik, dan profesional di bidang biologi, kedokteran, peternakan, serta ilmu-ilmu kesehatan lainnya. Buku ini membahas secara sistematis berbagai aspek yang berkaitan dengan proses reproduksi pada makhluk hidup, mulai dari konsep dasar hingga penerapan teknologi reproduksi modern.

Materi dalam buku ini meliputi anatomi dan fisiologi sistem reproduksi pria dan wanita, mekanisme hormonal yang mengatur siklus reproduksi, gametogenesis, fertilisasi, implantasi, serta perkembangan embrio. Selain itu, buku ini juga mengangkat topik-topik penting seperti kontrasepsi, gangguan reproduksi, serta bioteknologi reproduksi seperti fertilisasi in vitro (IVF), kloning, dan inseminasi buatan.

Disusun berdasarkan kurikulum terkini dan sumber-sumber ilmiah terpercaya, buku ini tidak hanya memberikan pengetahuan teoretis, tetapi juga dilengkapi dengan ilustrasi, studi kasus, dan soal evaluasi untuk memperkuat pemahaman pembaca. Pendekatan yang digunakan bersifat interdisipliner, menjembatani antara sains dasar dan aplikasinya di dunia nyata.

Dengan bahasa yang jelas, sistematis, dan mudah dipahami, buku ini diharapkan menjadi rujukan utama dalam proses pembelajaran biologi reproduksi di perguruan tinggi, serta menjadi bekal awal yang kuat bagi para pembaca yang ingin melanjutkan studi atau riset di bidang reproduksi dan bioteknologi.

Penerbit:

PT Nuansa Fajar Cemerlang
Grand Slipi Tower Lt. 5 Unit F
Jalan S. Parman Kav. 22-24
Kel. Palmerah, Kec. Palmerah
Jakarta Barat, DKI Jakarta, Indonesia, 11480
Telp: (021) 29866919



ISBN 978-634-7219-36-7



9

786347

219367