



Biologi

Dasar Manusia

Elisa Ulfiana ■ Naimah Nasution ■ Johani Dewita Nasution
Nilda Yulita Siregar ■ Abbas Mahmud ■ Mukhoirotin
Prima Endang Susilowati ■ Safaruddin
Herviani Sari ■ Fania Putri Luhurningtyas



Biologi

Dasar Manusia

UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Perlindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- a. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- b. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- c. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- d. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

Biologi Dasar Manusia

Elisa Ulfiana, Naimah Nasution, Johani Dewita Nasution
Nilda Yulita Siregar, Abbas Mahmud, Mukhoirotin
Prima Endang Susilowati, Safaruddin
Herviani Sari, Fania Putri Luhurningtyas



Penerbit Yayasan Kita Menulis

Biologi Dasar Manusia

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2023

Penulis:

Elisa Ulfiana, Naimah Nasution, Johani Dewita Nasution
Nilda Yulita Siregar, Abbas Mahmud, Mukhoirotin
Prima Endang Susilowati, Safaruddin
Herviani Sari, Fania Putri Luhurningtyas

Editor: Matias Julyus Fika Sirait

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: kitamenulis.id

e-mail: press@kitamenulis.id

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Elisa Ulfiana., dkk.

Biologi Dasar Manusia

Yayasan Kita Menulis, 2023

xvi 202 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-342-979-5

Cetakan 1, Oktober 2023

- I. Biologi Dasar Manusia
- II. Yayasan Kita Menulis

Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa
izin tertulis dari penerbit maupun penulis

Kata Pengantar

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, sehingga buku dengan judul “Biologi Dasar Manusia” ini dapat terselesaikan. Buku ini dibuat untuk membantu menambah pengetahuan dan sumber bacaan mengenai anatomi tubuh dan struktur fungsi sel yang secara dibahas secara ringkas diharapkan dapat dipahami dan dimengerti oleh para pembaca.

Buku ini membahas :

Bab 1 Konsep Dasar Anatomi Tubuh dan Struktur Fungsi Sel

Bab 2 Proses Menstruasi dan Proses Kehamilan

Bab 3 Sistem Tubuh Manusia, Anatomi dan Sistem Persarafan

Bab 4 Anatomi Sistem Panca Indera, Pencernaan dan Perkemihan

Bab 5 Anatomi Fisiologi Sistem Reproduksi Pria dan Wanita

Bab 6 Anatomi Fisiologi Payudara, Persalinan dan Nifas

Bab 7 Oksidasi Biologi dan Senyawa Berenergi Tinggi

Bab 8 Siklus Asam Sitrat pada Metabolisme Karbohidrat, Lipid dan Protein

Bab 9 Mikrobiologi dan Virologi Dasar

Bab 10 Konsep Dasar Immunologi dan Dasar-Dasar Mikrobiologi

Diharapkan dengan membaca buku ini dapat menambah wawasan terkait dengan anatomi tubuh manusia dan struktur fungsi sel pada manusia. Penulis menyadari bahwa penyusunan buku ini masih jauh dari kata sempurna, karena pengalaman dan pengetahuan penulis yang terbatas. Oleh karena itu, saran dan kritik dari semua pihak sangat diharapkan demi perbaikan buku di masa mendatang.

Semarang, September 2023

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel.....	xv

Bab 1 Konsep Dasar Anatomi Tubuh dan Struktur Fungsi Sel

1.1 Definisi Anatomi	1
1.2 Klasifikasi Anatomi.....	2
1.3 Struktur Organisasi Tubuh Manusia	2
1.4 Posisi Anatomi.....	4
1.5 Bagian-Bagian Tubuh	5
1.6 Bidang-Bidang Penting	5
1.7 Garis-garis Anatomis.....	6
1.8 Aksis atau Sumbu.....	8
1.9 Arah Pergerakan	8
1.10 Istilah-Istilah Anatomi.....	9
1.11 Sel	14
1.11.1 Sejarah Sel	14
1.11.2 Perkembangan Sel.....	15
1.11.3 Sel Prokariotik dan Sel Eukariotik.....	17

Bab 2 Proses Menstruasi dan Proses Kehamilan

2.1 Pendahuluan.....	25
2.2 Proses Menstruasi.....	26
2.2.1 Konsep Dasar Menstruasi.....	26
2.2.2 Hormon-hormon yang Berperan dalam Proses Menstruasi.....	26
2.2.3 Siklus Menstruasi	28
2.2.4 Fisiologis Menstruasi	31
2.2.5 Sindrom Sebelum Menstruasi	32
2.2.6 Cara Penanggulangan Masalah Menstruasi	32
2.2.7 Hal-hal yang Perlu Diperhatikan saat Menstruasi	33
2.2.8 Kelainan Menstruasi	33
2.3 Proses Kehamilan	34
2.3.1 Konsep Dasar Kehamilan.....	34

2.3.2 Hormon-hormon yang Berperan dalam Proses Kehamilan.....	35
2.3.3 Proses Terjadinya Kehamilan	37
2.3.4 Tanda dan Gejala Kehamilan.....	39
2.3.5 Perubahan Fisiologis Selama Kehamilan.....	39
2.3.6 Tanda Bahaya Kehamilan	40

Bab 3 Sistem Tubuh Manusia, Anatomi dan Sistem Persarafan

3.1 Definisi Anatomi	41
3.2 Sistem Tubuh Pada Manusia	42
3.3 Sistem Saraf Manusia	44

Bab 4 Anatomi Sistem Panca Indera, Pencernaan dan Perkemihan

4.1 Anatomi Sistem Panca Indera	51
4.1.1 Telinga/Indra Pendengaran.....	51
4.1.2 Mata/Indra Penglihatan.....	60
4.1.3 Hidung/Indra Penciuman.....	61
4.1.4 Lidah/Indra Pengecap	62
4.1.5 Kulit/Indra Peraba	62
4.2 Pencernaan	64
4.2.2 Organ Pencernaan Tambahan (Aksesoris).....	69
4.2.3 Proses Pencernaan Makanan dalam Sistem Pencernaan pada Manusia	69
4.3 Perkemihan	71
4.3.1 Ginjal.....	71
4.3.2 Ureter.....	73
4.3.3 Kandung Kemih	74
4.3.4 Uretra.....	74
4.3.5 Mekanisme Transpor Urin pada Ginjal dan Kandung Kemih.....	75
4.3.6 Proses Miksi (Rangsangan Berkemih)	75
4.3.7 Urine (Air Kemih).....	76

Bab 5 Anatomi Fisiologi Sistem Reproduksi Pria dan Wanita

5.1 Pendahuluan.....	79
5.2 Anatomi Fisiologi Reproduksi Pria.....	81
5.2.1 Skrotum	81
5.2.2 Testis.....	82
5.2.3 Saluran Spermatika.....	83
5.2.4 Kelenjar Aksesori	85
5.2.5 Penis.....	85

5.2.6 Pubertas dan Remaja	85
5.2.7 Kontrol Hormonal Fungsi Reproduksi Pria.....	86
5.2.8 Produksi Sperma.....	87
5.2.9 Semen	87
5.3 Anatomi Fisiologi Reproduksi Wanita	87
5.3.1 Diferensiasi Seksual	88
5.3.2 Alat Kelamin.....	88
5.3.3 Ovarium.....	88
5.3.4 Tabung Rahim	89
5.3.5 Uterus (Rahim)	90
5.3.6 Ligamen uterus dan peritoneum	91
5.3.7 Suplai Darah.....	91
5.3.8 Vagina.....	92
5.3.9 Alat Kelamin Eksternal	92
5.3.10 Payudara dan Kelenjar Susu	93
5.3.11 Oogenesis dan Siklus Seksual	94

Bab 6 Anatomi Fisiologi Payudara, Persalinan dan Nifas

6.1 Anatomi Fisiologi Payudara	99
6.2 Persalinan	104
6.2.1 Definisi Persalinan.....	104
6.2.2 Bentuk-Bentuk Persalinan	105
6.2.3 Inisiasi Persalinan	105
6.2.4 Tanda-tanda Permulaan Persalinan	107
6.2.5 Tanda-Tanda Persalinan	109
6.2.6 Faktor-faktor yang Memengaruhi Proses Persalinan.....	111
6.2.7 Tahapan Persalinan	112
6.2.8 Mekanisme Persalinan	115
6.3 Nifas.....	118
6.3.1 Definisi Nifas.....	119
6.3.2 Adaptasi Fisiologis Post partum.....	119
6.3.3 Adaptasi Psikologis Postpartum.....	132

Bab 7 Oksidasi Biologi dan Senyawa Berenergi Tinggi

7.1 Senyawa Berenergi tinggi	141
7.2 Tahapan Respirasi Sel	143
7.2.1 Glikolisis.....	143
7.2.2 Silus Krebs atau Siklus Asam Sitrat	144
7.2.3 Rantai Transpor Elektron	145

7.3 Mitokondria.....	146
7.4 Oksidasi Biologi	148
7.5 Fosforilasi Oksidasi	148
7.6 Inhibitor Proses Fosforilasi Oksidatif.....	153
7.7 ROS (Reactive Oxygen Species)	154

Bab 8 Siklus Asam Sitrat pada Metabolisme Karbohidrat, Lipid dan Protein

8.1 Definisi Metabolisme dan Jalur Metabolisme.....	157
8.2 Metabolisme Karbohidrat	158
8.3 Metabolisme Lipid	160
8.4 Metabolisme Protein	162
8.5 Hubungan Jalur metabolisme karbohidrat, Lipid, dan Protein.....	164
8.5.1 Hubungan Gula Lain dengan Metabolisme Glukosa.....	164
8.5.2 Hubungan Protein dengan Metabolisme Glukosa.....	164
8.5.3 Hubungan Metabolisme Lipid dan Metabolisme Glukosa.....	165
8.5.4 Siklus Asam Sitrat	165

Bab 9 Mikrobiologi dan Virologi Dasar

9.1 Pendahuluan.....	167
9.2 Mikrobiologi	168
9.2.1 Bakteri	169
9.2.2 Fungi	171
9.2.3 Alga	173
9.2.4 Protozoa	175
9.3 Virologi Dasar	176
9.3.1 Definisi dan Karakteristik Virus	176
9.3.2 Struktur Virus.....	176
9.3.3 Replikasi Virus.....	177

Bab 10 Konsep Dasar Immunologi dan Dasar-Dasar Mikrobiologi

10.1 Pendahuluan Immunologi	179
10.2 Sistem Imun Non Spesifik.....	182
10.3 Sistem Imun Spesifik	183
10.4 Respon Sistem Imun terhadap Bakteri Ekstraselular.....	186
10.5 Respon Sistem Imun Terhadap Bakteri Intraselular	187

Daftar Pustaka	189
Biodata Penulis	197

Daftar Gambar

Gambar 1.1: Posisi Anatomis.....	4
Gambar 1.2: Bidang Bidang Penting Anatomi.....	6
Gambar 1.3: Aksis-Aksis Penting Anatomi.....	7
Gambar 1.4: Arah-Arah Pergerakan.....	8
Gambar 1.5: Sayatan Gabus yang dilihat di bawah Mikroskop Robert Hooke.....	14
Gambar 1.6: Ekoli dan Bagian-bagiannya	18
Gambar 1.7: Struktur Sel Tumbuhan.....	21
Gambar 1.8: Struktur Sel Hewan.....	22
Gambar 3.1: Susunan Saraf Manusia	46
Gambar 3.2: Struktur Sumsu Tulang Belakang.....	48
Gambar 4.1: Telinga Luar atau Eksternal.....	52
Gambar 4.2: Telinga Tengah.....	53
Gambar 4.3: Telinga Dalam	54
Gambar 4.4: Bola Mata	61
Gambar 4.5: Belahan Hidung dari samping.....	62
Gambar 4.6: Anatomi Lidah Manusia.....	62
Gambar 4.7: Penampang Kulit.....	64
Gambar 4.8: Rongga Mulut.....	65
Gambar 4.9: Otot Kerongkongan	66
Gambar 4.10: Lambung	66
Gambar 4.11: Usus Halus	67
Gambar 4.12: Usus Besar.....	68
Gambar 4.13: Anus.....	69
Gambar 4.14: Anatomi Sistem Perkemihan	71
Gambar 5.1: The Human Life Cycle	80
Gambar 5.2: Testis dan Struktur Terkait. (a) Skrotum dibuka dan dilipat ke bawah untuk mengungkapkan testis dan organ terkait. (b) Anatomi testis, epididimis, dan korda spermatika	83
Gambar 5.3: Sistem Reproduksi Pria. (a) Bagian Sagittal. Bandingkan foto di atlas B, gambar B.14a. (b) Tampilan posterior	84

Gambar 5.4: Sistem Reproduksi Wanita.....	89
Gambar 5.5: Struktur ovarium	89
Gambar 5.6: Saluran reproduksi wanita dan ligamen suportif. (a) Pandangan posterior saluran reproduksi. (b) Hubungan tabung rahim dan ovarium dengan ligamen pendukung.....	90
Gambar 5.7: Suplai Darah ke Saluran Reproduksi Wanita. Arteri vagina, rahim, dan ovarium dibesar-besarkan panjangnya oleh perspektif gambar, memindahkan aorta menjauh dari rahim	91
Gambar 5.8: Perineum Wanita. (a) Anatomi permukaan. (b) Struktur subkutan.....	93
Gambar 5.9: Siklus Seksual Wanita. (a) Siklus ovarium (peristiwa di ovarium). (b) Siklus menstruasi (peristiwa di dalam rahim). Dua kadar hormon sebagian (a) ditarik ke skala yang sama, tetapi sebagian (b) tidak. Konsentrasi progesteron puncak adalah sekitar 17 kali lebih tinggi dari konsentrasi estradiol puncak.....	96
Gambar 6.1: Kelenjar Mamaria dalam Payudara	100
Gambar 6.2: Anatomi Kelenjar Mamaria dan Pembentukan ASI	101
Gambar 6.3: Refleks Pengisapan	103
Gambar 6.4: Gerakan Utama Persalinan.....	116
Gambar 6.5: Involusi Uteri.....	121
Gambar 6.6: Penampilan os serviks. A. Sebelum kehamilan pertama. B.Setelah hamil	123
Gambar 7.1: Struktur AMP, ADP, ATP	142
Gambar 7.2: Jalur glikolisis.....	144
Gambar 7.3: Peran transfer elektron dan produksi ATP dalam metabolisme 145	
Gambar 7.4: Struktur mitokondria.....	146
Gambar 7.5: Produksi ATP dalam mitokondria	149
Gambar 7.6: Reaksi menghasilkan ATP dari oksidasi NADH dan FADH ₂ 150	
Gambar 7.7: Kopling fosforilasi oksidatif dengan transpor elektron	151
Gambar 7.8: Komponen rantai transpor elektron, potensial redoks dan urutannya	153
Gambar 8.1: Jalur Metabolisme Karbohidrat.....	160
Gambar 8.2: Siklus Asam Sitrat.....	166
Gambar 9.1: Morfologi Bentuk Bakteri	170
Gambar 9.2: Struktur virus (Biology Campbell)	177

Gambar 10.1: Ilustrasi mekanisme sistem imun terhadap masuknya senyawa asing di dalam tubuh.....	180
Gambar 10.2: Komponen Sistem Imun Non Spesifik	182
Gambar 10.3: Komponen Sistem Imun Spesifik.....	184
Gambar 10.4: Diferensiasi Sumsum Tulang	185
Gambar 10.5: Bentuk Antibodi	186
Gambar 10.6: Mekanisme Sistem Imun Spesifik Dan Non Spesifik Terhadap Bakteri Ekstraselular	187
Gambar 10.7: Mekanisme Sistem Imun Spesifik Dan Non Spesifik Terhadap Bakteri Intraselular.....	188

Daftar Tabel

Tabel 6.1: Fase Penyesuaian Ibu Postpartum	137
Tabel 7.1: Efek zat kimia pada fosforilasi oksidatif.....	154
Tabel 10.1: Komponen Sel Imun Non Spesifik	183

Bab 1

Konsep Dasar Anatomi Tubuh dan Struktur Fungsi Sel

1.1 Definisi Anatomi

Kata anatomi berasal dari bahasa Yunani yang artinya “membuka suatu potongan”. Anatomi merupakan ilmu yang mempelajari struktur tubuh manusia dan hubungan fisik dari sistem tubuh yang terlibat, contoh: mempelajari organ jantung serta letaknya di dalam tubuh manusia (Wahyuningsih., Heni Puji., Kusmiyati 2017). Anatomi merupakan serangkaian ilmu pengetahuan tentang susunan dan bagian-bagian tubuh yang membentuk suatu sistem fungsional dalam keadaan normal. Pengetahuan setiap hal yang normal merupakan sesuatu yang penting serta hal yang abnormal (patologis) dalam setiap perubahan struktur tubuh (Wilson 2017).

1.2 Klasifikasi Anatomi

Dilihat dari aspek yang dipelajari, Anatomi dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Anatomi mikroskopik

Mempelajari suatu struktur yang hanya bisa dilihat dengan bantuan alat. Anatomi mikroskopik dibedakan menjadi sitologi dan histologi. Sitologi mempelajari tingkat molekul atau struktur sel, sedangkan histologi mempelajari tingkat jaringan dengan mikroskop elektron.

2. Anatomi Makroskopik

Anatomi makroskopik mempelajari struktur yang relatif besar dan dapat diketahui tanpa alat bantu, berbagai pendekatan dalam mempelajari makroskopis antara lain yaitu anatomi permukaan (mempelajari bentuk umum dan bagian-bagian yang dangkal), anatomi regional (berfokus pada area spesifik seperti kepala, leher, dan ruas tulang belakang), anatomi sistemik (mempelajari struktur organ yang berfungsi secara bersama-sama seperti sistem pernafasan, sistem persyarafan, sistem imunitas dll.), serta anatomi perkembangan (mempelajari perubahan dalam bentuk organ selama periode tertentu) (Irianto 2014).

1.3 Struktur Organisasi Tubuh Manusia

Tubuh manusia terdiri dari beberapa organisasi, mulai dari yang paling sederhana sampai yang paling kompleks.

1. Level kimia

Level kimia merupakan level dasar yang terdiri dari atom dan molekul. Atom utama yang membangun tubuh manusia terdiri dari atom karbon (C), hydrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalsium (Ca) dan sulfur (S). Sedangkan molekul utamanya adalah *Deoksiribo Nukleat Acid (DNA)*.

2. Sel

Beberapa molekul yang ada akan bergabung membentuk sel. Sel merupakan bagian fungsional yang terkecil yang membangun tubuh makhluk hidup. Ada banyak sel yang membangun tubuh manusia seperti, sel otot, sel saraf, dan sel epitel.

3. Jaringan

Jaringan dibangun oleh beberapa sel yang berbeda yang memiliki fungsi tertentu. Ada 4 jaringan dasar pada tubuh manusia yaitu jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot dan jaringan saraf.

4. Organ

Organ dibangun oleh gabungan beberapa jaringan yang berbeda yang memiliki fungsi tertentu.

5. Sistem Organ

Sistem organ dibangun oleh gabungan beberapa organ yang kemudian akan melakukan fungsi tertentu dalam mempertahankan kondisi homeostatis.

6. Organisme

Individu manusia yang terdiri dari berbagai system organ yang secara dinamis dan berkesinambungan menjaga agar dapat menjalankan fungsi hidupnya. Sistem organ tubuh manusia yang dipelajari dalam Anatomi Fisiologi yaitu sebagai berikut:

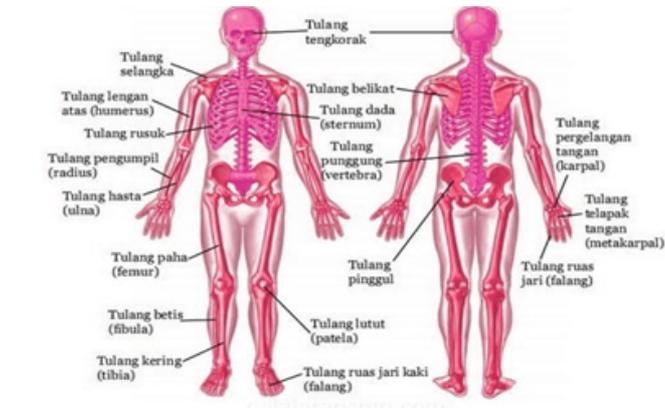
- a. Sistem musculoskeletal
- b. Sistem integument
- c. Sistem kardiovaskular
- d. Sistem pernapasan
- e. Sistem pencernaan
- f. Sistem perkemihan
- g. Sistem panca indera
- h. Sistem limfatik
- i. Sistem imunitas
- j. Sistem persarafan
- k. Sistem endokrin
- l. Sistem reproduksi pria dan wanita (Syarifudin 2011).

1.4 Posisi Anatomi

Untuk mempelajari anatomi, telah ditetapkan posisi “standar” anatomi, sehingga dengan ketentuan dasar posisi anatomi, kedudukan bagian tubuh yang satu terhadap bagian tubuh yang lain akan selalu tetap meskipun tubuh dalam keadaan melakukan gerakan apapun atau dalam posisi apapun, sebagai contoh adalah bahwa kepala selalu berada di sebelah cranial (di sebelah atas) dari badan meskipun posisi badan dalam keadaan berdiri atau tidur. Contoh lain bahwa jari jempol selalu berada lebih ke arah lateral (ke arah tepi) dari jari telunjuk, dan sebagainya.

Adapun posisi anatomi adalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Posisi badan berdiri tegak
2. Arah pandangan muka terus ke depan
3. Posisi telapak tangan menghadap ke depan
4. Arah Ibu jari tangan menghadap ke depan
5. Kedua kaki lurus ke depan dan sejajar (Sunardi, Jaka. 2020)



Gambar 1.1: Posisi Anatomis

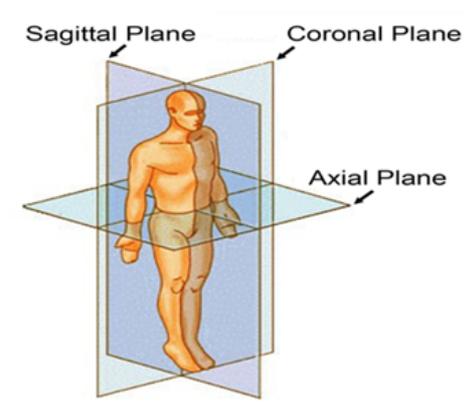
1.5 Bagian-Bagian Tubuh

Tubuh dibagi dalam batang badan (dalam arti yang lebih luas “Truncus”) dan anggota badan atas dan bawah. Batang badan dibagi menjadi kepala, leher, dan torso (“truncus” dalam arti yang lebih sempit). Torso terdiri atas thorax (dada), abdomen (perut), pelvis (panggul). Anggota badan atas dihubungkan dengan batang badan oleh gelang bahu dan anggota badan bawah oleh gelang panggul. Gelang bahu terdiri atas clavicula dan scapula, yang terletak pada batang badan dan bergerak padanya. Gelang panggul yang terdiri atas dua tulang panggul dan sacrum, membentuk bagian integral dari batang badan (Sunardi, Jaka. 2020).

1.6 Bidang-Bidang Penting

Dalam ilmu anatomi dikenal beberapa bidang yang merupakan bidang khayal yang mempunyai posisi tertentu terhadap tubuh. Bidang-bidang tersebut adalah:

1. Bidang median, adalah suatu bidang khayal yang membagi tubuh secara simetris menjadi separuh bagian kanan dan kiri
2. Bidang sagital atau bidang paramedian, adalah setiap bidang khayal yang sejajar dengan bidang median, di kanan dan kiri bidang median
3. Bidang frontal, adalah bidang khayal yang tegak lurus bidang median dan membagi tubuh menjadi dua bagian, depan dan belakang
4. Bidang coronal, adalah bidang frontal yang hanya digunakan khusus di daerah kepala
5. Bidang horisontal atau bidang tranvesal adalah bidang khayal yang tegak lurus terhadap bidang median, yang membagi tubuh menjadi atas dan bawah (Sunardi, Jaka. 2020).



Gambar 1.2: Bidang Bidang Penting Anatomi

1.7 Garis-garis Anatomis

Garis anatomis adalah suatu garis khayal yang terletak pada tubuh pada posisi tertentu, meliputi:

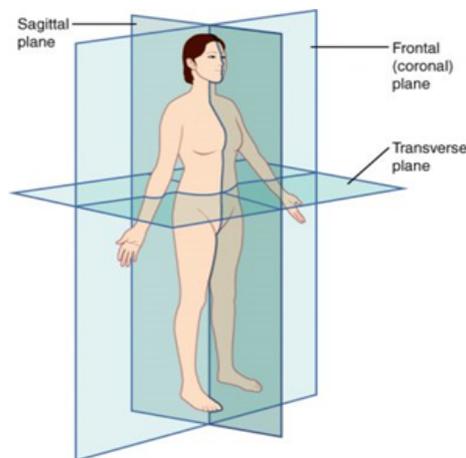
1. *Linea mediana anterior*, adalah suatu garis khayal yang merupakan garis potong antara bidang median dengan pramuka depan tubuh.
2. *Linea mediana posterior*, adalah garis khayal yang merupakan garis potong antara bidang median dengan permukaan tulang belakang tubuh
3. *Linea sternalis*, adalah garis khayal yang sesuai dengan tepi kanan/kiri sternum
4. *Linea medioclavicularis*, adalah garis khayal yang sejajar dengan *linea mediana* dan melalui pertengahan *clavicula*
5. *Linea parasternalis*, adalah garis khayal yang sejajar dan berjarak sama dengan *Linea medioclavicularis* dan *linea sternalis*
6. *Linea axillaris anterior*, adalah garis khayal yang sejajar dengan *linea mediana*, yang sesuai dengan lipatan ketiak depan
7. *Linea axillaris posterior*, adalah garis khayal yang sejajar dengan *linea mediana*, yang sesuai dengan lipatan ketiak belakang

8. *Linea axillaris media*, antara f dan g (Sunardi, Jaka. 2020).

1.8 Aksis atau Sumbu

Terdapat 3 aksis penting yang perlu diketahui untuk mempelajari suatu gerakan terhadap sendi. Aksis tersebut biasanya melalui pertengahan sendi.

1. Aksis Longitudinal, adalah aksis panjang tubuh yang sesuai dengan aksis tulang panjang yang bergerak pada sendi tersebut
2. Aksis Transversal, adalah aksis yang berjalan tegak lurus dengan aksis longitudinal dan berjalan dari kiri ke kanan
3. Aksis sagital, adalah aksis yang berjalan dari belakang ke depan sendi dan tegak lurus dengan kedua aksis lainnya (Sunardi, Jaka. 2020).



Gambar 1.3: Aksis-Aksis Penting Anatomi

1.9 Arah Pergerakan

Gerakan anggota badan atau gerakan suatu persendian disebut berdasarkan arah atau posisinya terhadap badan atau aksis sendi.

1. *Fleksio*: gerakan membengkokkan sendi
2. *Ekstensio*: gerakan meluruskan sendi
3. *Abduksio*: gerak menjauhi badan
4. *Adduksio*: gerak mendekati badan
5. *Rotasio*: gerak memutar, ke arah luar (eksorotasi) dan ke arah dalam (endorotasi)
6. *Sirkumduksio*: gerak sirkuler atau gerakan sirkumferensial
7. *Supinasio*: gerakan rotasi pada lengan bawah dengan telapak tangan mengarah ke depan/atas
8. *Pronasio*: gerakan rotasi pada lengan bawah dengan punggung tangan mengarah ke depan/atas
9. *Elevasio*: gerakan mengangkat ke arah kepala
10. *Depresio*: lawan dari elevasio (Sunardi, Jaka. 2020)



Gambar 1.4: Arah-Arah Pergerakan

1.10 Istilah-Istilah Anatomi

1. Posisi Tubuh

a. Posisi anatomi (berdiri)

Pada posisi ini tubuh lurus dalam posisi berdiri dengan mata juga memandang lurus. Telapak tangan menggantung pada sisi-sisi tubuh dan menghadap ke depan. Telapak kaki juga menunjuk ke depan dan tungkai kaki lurus sempurna. Posisi anatomi sangat penting karena hubungan semua struktur digambarkan dengan asumsi berada pada posisi anatomi.

b. Posisi supine (terlentang)

Pada posisi ini tubuh berbaring dengan wajah menghadap ke atas. Semua posisi lainnya mirip dengan posisi anatomi dengan perbedaan hanya berada di bidang horisontal daripada bidang vertikal.

c. Posisi prone (tengkurap)

Pada posisi ini, punggung menghadap ke atas. Tubuh terletak pada bidang horisontal dengan wajah menghadap ke bawah.

d. Posisi litotomi

Pada posisi ini tubuh berbaring terlentang, paha diangkat vertikal dan betis lurus horisontal. Tangan biasanya dibentangkan seperti sayap. Kaki diikat dalam posisinya untuk mendukung lutut dan pinggul yang tertekuk. Ini adalah posisi pada banyak prosedur kebidanan (Sunardi, Jaka. 2020).

2. Bidang Anatomi

a. Bidang median (medianus)

Bidang yang membagi tepat tubuh menjadi bagian kanan dan kiri (bidang yang melalui aksis longitudinal dan aksis sagital, dengan demikian dinamakan mediosagital).

b. Bidang horisontal (transversalis)

Bidang yang terletak melintang melalui tubuh (bidang X-Y). Bidang ini membagi tubuh menjadi bagian atas (superior) dan bawah (inferior).

- c. Bidang koronal (frontalis)
Bidang vertikal yang melalui tubuh, letaknya tegak lurus terhadap bidang median atau sagital. Membagi tubuh menjadi bagian depan (frontal) dan belakang (dorsal).
 - d. Bidang obliqua
Bidang selain yang dijelaskan di atas.
3. Istilah Sumbu/Aksis Gerakan
- a. Aksis Sagital adalah garis yang memotong bidang gerak sagital dengan bidang gerak transversal.
 - b. Aksis Transversal adalah garis yang memotong bidang gerak frontal dengan bidang gerak transversal.
 - c. Aksis Longitudinal yaitu garis yang memotong bidang gerak median dan frontal dan berjalan dari atas ke bawah.
4. Istilah Letak/Sikap Anatomi
- a. Superior (atas): letak lebih dekat ke atas (kepala)
 - b. Inferior (bawah): letak lebih dekat ke bawah (kaki)
 - c. Kranial (Cranialis): lebih dekat pada kepala (bagian kepala).
Contoh: Mulut terletak superior terhadap dagu
 - d. Kaudal (Caudalis): lebih dekat pada kaki/ekor (bagian ekor).
Contoh: Pusing terletak inferior terhadap payudara
 - e. Anterior (depan): lebih dekat ke depan. Contoh: Lambung terletak anterior terhadap limpa
 - f. Posterior (belakang): lebih dekat ke belakang. Contoh: Jantung terletak posterior terhadap tulang rusuk
 - g. Superficialis/Superfisial (dangkal/mendekati): Mendekati/lebih dekat 'ke' atau 'di' permukaan. Contoh: Otot kaki terletak superfisial dari tulangnya
 - h. Profundus/Profunda (Dalam): menjauhi/lebih jauh dari permukaan. Contoh: Tulang hasta dan pengumpul terletak lebih profunda dari otot lengan bawah
 - i. Medial (Medialis tengah): lebih dekat ke bidang median/garis tengah. Contoh: Jari manis terletak medial terhadap jari jempol

- j. Lateral (Lateralis luar): menjauhi/lebih jauh dari bidang median/garis tengah. Contoh: Telinga terletak lateral terhadap mata
- k. Proksimal (Proximalis atas): lebih dekat dengan batang tubuh atau pangkal anggota (Mendekati badan). Contoh: Siku terletak proksimal terhadap telapak tangan
- l. Distal (Distalis bawah): lebih jauh dari batang tubuh atau ujung anggota. Contoh: Pergelangan tangan terletak distal terhadap siku.
- m. Internus/Internal: bagian dalam atau Externus/Eksternal: bagian luar
- n. Dexter/Dextra: bagian kanan atau Sinister/Sinistra: bagian bagian kiri
- o. Lateral: bagian samping atau Sentral: bagian pusat
- p. Asendens: bagian yang naik atau Desendens: bagian yang turun
- q. Ventral: bagian depan ruas tulang belakang (letak lebih dekat ke perut) (Ventralis anterior: lebih ke depan (venter= perut, anticus= depan))
- r. Dorsal: bagian belakang ruas tulang belakang (letak lebih dekat ke punggung) (Dorsalis posterior: lebih ke belakang (dorsum= punggung, posticus= belakang))
- s. Viseral: selaput bagian dalam atau Parietal: selaput bagian luar.
- t. Transversus/Transversal: melintang
- u. Longitudinal (Longitudinalis): membujur/ke arah ukuran panjang
- v. Perifer: bagian yang pinggir/tepi.
- w. Volaris/Volar: ke arah telapak tangan (sisi belakang tangan/kaki depan)
- x. Plantral (Plantaris): ke arah telapak kaki (plantar pedis)
- y. Ulnar (Ulnaris): ke arah ulna
- z. Radial (Radialis): ke arah radius
- aa. Tibial: ke arah tibia
- bb. Fibular: ke arah fibula

- cc. Fleksor: permukaan anterior anggota badan atas dan permukaan posterior anggota badan bawah
- dd. Ekstensor: permukaan posterior anggota badan atas dan permukaan anterior anggota badan bawah.

5. Istilah Arah Gerakan

a. Fleksi dan Ekstensi

Fleksi adalah gerak menekuk atau membengkokkan. Ekstensi adalah gerakan untuk meluruskan. Contoh: gerakan ayunan lutut pada kegiatan gerak jalan. Gerakan ayunan ke depan merupakan (ante) fleksi dan ayunan ke belakang disebut (retro) fleksi/ekstensi. Ayunan ke belakang lebih lanjut disebut hiperekstensi.

b. Adduksi dan Abduksi

Adduksi adalah gerakan mendekati tubuh. Abduksi adalah gerakan menjauhi tubuh. Contoh: gerakan membuka tungkai kaki pada posisi istirahat di tempat merupakan gerakan abduksi (menjauhi tubuh). Bila kaki digerakkan kembali ke posisi siap merupakan gerakan adduksi (mendekati tubuh).

c. Elevasi dan Depresi

Elevasi merupakan gerakan mengangkat. Depresi adalah gerakan menurunkan. Contohnya: Gerakan membuka mulut (elevasi) dan menutupnya (depresi) juga gerakan pundak ke atas (elevasi) dan ke bawah (depresi).

d. Inversi dan Eversi

Inversi adalah gerak memiringkan telapak kaki ke dalam tubuh. Eversi adalah gerakan memiringkan telapak kaki ke luar (*penyebutan hanya untuk pergelangan kaki saja).

e. Supinasi dan Pronasi

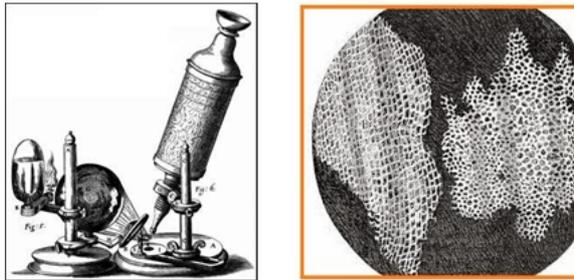
Supinasi adalah gerakan menengadahkan tangan. Pronasi adalah gerakan menelungkupkan (*penyebutan hanya pergelangan tangan saja).

- f. Endorotasi dan Eksorotasi
Endorotasi adalah gerakan ke dalam pada sekeliling sumbu panjang tulang yang bersendi (rotasi). Eksorotasi adalah gerakan rotasi ke luar.
 - g. Sirkumduksi
Gerakan gabungan dari fleksi, ekstensi, abduksi, dan adduksi.
 - h. Rotasi
Gerakan memutar sendi.
6. Istilah Bangunan Lengkung
- a. *Fossa*: nama umum lengkungan
 - b. *Fossula*: fossa yang kecil
 - c. *Fovea*: lengkungan dangkal, lesung
 - d. *Foveola*: fovea yang kecil
 - e. *Sulcus*: lekukan
 - f. *Incisura*: takik/torehan
7. Istilah Lobang, Saluran, Ruangan, dan Bentuk
- a. *Foramen*: lubang
 - b. *Fissura*: celah, robekan
 - c. *Apertura*: pintu
 - d. *Canalis*: saluran, pipa
 - e. *Ductus*: pembuluh
 - f. *Meatus*: liang
 - g. *Cavum* (Kaverna): rongga besar
 - h. *Kavernosus*: berongga-rongga
 - i. *Cellula*: ruang kecil
 - j. *Sinus*: rongga kecil
 - k. *Fasia, fasialis*: permukaan, muka
 - l. *Fascia*: lembaran

1.11 Sel

1.11.1 Sejarah Sel

Istilah sel pertama kali dikemukakan oleh Robert Hooke (1667) pada saat mengamati sayatan gabus dengan mikroskop. Ia melihat adanya ruangan-ruangan kecil yang disebutnya *cella* yang berarti kamar kecil (Gambar 1.5)



Gambar 1.5: Sayatan Gabus yang dilihat di bawah Mikroskop Robert Hooke

Evolusi sains seringkali berada sejajar dengan penemuan peralatan yang memperluas indera manusia untuk bisa memasuki batas-batas penemuan baru. Penemuan dan kajian awal tentang sel memperoleh kemajuan sejalan dengan penemuan dan penyempurnaan mikroskop pada abad ke-17. Sehingga mikroskop sejak awal tidak dapat dipisahkan dengan sejarah penemuan sel, yang dijelaskan sebagai berikut:

Galileo Galilei (abad 17) dengan alat dua lensa menggambarkan struktur tipis dari mata serangga. Galilei sebenarnya bukan seorang ahli biologi pertama yang mencatat hasil pengamatan biologi melalui mikroskop. Robert Hooke (1635-1703) melihat gambaran satu sayatan tipis gabus suatu kompartemen atau ruang-ruang disebut dengan nama latin *cellulae* (ruangan kecil), asal mula nama sel. Anton van Leeuwenhoek (24 Oktober 1632–26 Agustus 1723), menggunakan lensa-lensa untuk melihat beragam spermatozoa, bakteri dan protista. Robert Brown (1733-1858) pada tahun 1820 merancang lensa yang dapat lebih fokus untuk mengamati sel. Titik buram yang selalu ada pada sel telur, sel polen, sel dari jaringan anggrek yang sedang tumbuh. Titik buram disebut sebagai nukleus. Ahli botani Pada tahun 1838 Matthias Schleiden dan ahli zoologi Theodor Schwann keduanya tertarik dengan adanya kesamaan yang terdapat pada struktur jaringan tumbuhan dan hewan, mereka mengajukan konsep bahwa semua organisme tersusun atas sel dan sel merupakan struktural

mahluk hidup. H.J. Dutrochet (1824) menemukan bahwa semua tumbuhan dan hewan terdiri dari sel berbentuk gelembung yang sangat kecil. Felix Dujardin (1835) mengemukakan bahwa isi sel tersebut berupa cairan yang oleh Johannes Purkinje (1840) dan Hugo Van Mohl (1846) menyebutnya dengan istilah protoplasma. Hugo von Mohl bersama Karl Nugeli (1835) mempelajari peristiwa pembelahan sel. Mereka berkesimpulan bahwa inti dan plasma sel mengalami pembelahan untuk menjadi 2 sel anak.

R. Virchow (1859) berkesimpulan bahwa semula sel berasal dari sel yang telah lebih dulu ada dengan istilah *omnis cellulae cellula*. Lewat pembelahan sel itulah bahan genetika (hereditas) diwariskan kepada keturunan dari satu generasi ke generasi berikutnya. E. Straburger dan W. Flemming (1870) berkesimpulan bahwa inti sel memelihara kelangsungan hidup suatu jenis mahluk dari satu generasi ke generasi berikutnya. Flemming mengenal istilah mitosis bagi pembelahan sel. O. Hertwig (1875) membuktikan bahwa inti spermatozoa bersatu dulu dengan inti ovum untuk terjadinya embrio atau generasi baru. W. Schultze (1860) mengatakan bahwa protoplasma adalah dasar fisik seluruh kehidupan. Protoplasma dibagi atas unit dalam sel yang terdiri dari 2 daerah yaitu:

1. Sitoplasma (Plasma sel)
2. Nukleoplasma atau karioplasma (Kurniati 2020).

1.11.2 Perkembangan Sel

Beberapa ahli telah mencoba menyelidiki tentang struktur dan fungsi sel, dan kemudian muncul beberapa teori tentang sel. Sejarah ditemukannya teori tentang sel diawali penemuan mikroskop yang menjadi sarana untuk mempermudah melihat struktur sel.

Berbagai penelitian para ahli biologi, antara lain seperti berikut.

1. Teori sel menurut Schleiden & T.Schwann
Schleiden berpendapat bahwa setiap tubuh tumbuhan tersusun atas sel sedangkan Schwann berpendapat bahwa setiap tubuh hewan tersusun atas sel. Dari kedua pendapat tersebut dapat di simpulkan bahwa sel merupakan unit struktural (penyusun) tubuh organisme.

2. Teori sel menurut Max Schultze

Max Schultze berpendapat bahwa protoplasma merupakan struktur dasar organisme dan merupakan bagian penting dari sel. Pendapat ini mendapat dukungan dari Felix Dujardin yang menyatakan bahwa protoplasma merupakan cairan hidup yang terdapat di dalam sel hidup. Di dalam protoplasma terdapat organel yang berfungsi melaksanakan fungsi hidup (bernafas, tumbuh, berkembang). Maka muncul teori yang menyatakan bahwa sel merupakan unit (kesatuan) fungsional. Sel tidak hanya penyusun tubuh organisme tetapi juga pelaksana hidup, dengan demikian fungsi hidup di laksanakan oleh sel.

3. Teori sel menurut Rudolf Virchow

Rudolf Virchow menyatakan bahwa sel berasal dari sel sebelumnya. Sel di dalam tubuh organisme di samping memiliki kemampuan membelah juga memiliki kemampuan tumbuh. Berdasarkan hal tersebut dapat di simpulkan bahwa sel merupakan unit pertumbuhan.

4. Teori sel sebagai akibat perkembangan teknologi

Setelah ditemukannya alat bantu canggih dan cara pewarnaan bagian sel, bagian dalam protoplasma dapat diketahui sehingga ditemukan berbagai organel (inti sel, mitokondria, ribosom, kromosom dll). Perkembangan selanjutnya diketahui bahwa di dalam kromosom terdapat faktor pembawa sifat (gen). Kemudian muncul teori yang menyatakan bahwa sel merupakan unit (kesatuan) hereditas.

Kehidupan suatu organisme diawali oleh satu sel (zigot). Zigot melakukan pembelahan sehingga terjadi pertumbuhan membentuk embrio, di dalam embrio, sel mengalami berbagai spesialisasi fungsi dan bentuk sel yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa sel sebagai satuan struktural atau dengan kata lain dari semua teori tersebut dapat disimpulkan menjadi tiga konsep yaitu (1) semua organisme tersusun atas satu sel atau lebih sel, (2) sel adalah unit terkecil yang memiliki semua persyaratan hidup, dan (3) keberlangsungan kehidupan berasal dari pertumbuhan dan pembelahan sel (Kurniati 2020).

1.11.3 Sel Prokariotik dan Sel Eukariotik

Sel merupakan unit terkecil dari makhluk hidup yang berarti sel mampu atau dapat tetap hidup tanpa kehadiran sel lain. Sel merupakan struktur terkecil yang mampu melakukan pertumbuhan dan reproduksi. Struktur sel dibagi menjadi struktur sel prokariotik dan eukariotik. Selain itu akan dibahas pula sel tumbuhan.

Sel tumbuhan termasuk sel eukariotik, tetapi karena pada sel tumbuhan memiliki organel yang khas, maka akan dibahas tersendiri.

1. Struktur Sel Prokariotik

Semua sel prokariotik mempunyai membrane plasma nukleoid (berupa DNA dan RNA) dan sitoplasma yang mengandung ribosom. Sel prokariotik tidak memiliki membran inti. Ciri-ciri lain pada sel prokariotik adalah tidak memiliki sistem endomembran seperti pada retikulum endoplasma dan kompleks golgi. Selain itu sel prokariotik juga tidak memiliki mitokondria dan kloroplas. Contoh sel prokariotik adalah bakteri dan ganggang biru. Berikut akan diuraikan bagian-bagian tubuh sel E.coli yang meliputi dinding sel, membran plasma, sitoplasma, masosom, ribosom, DNA dan flagella (Gambar 1.6)

a. Dinding Sel

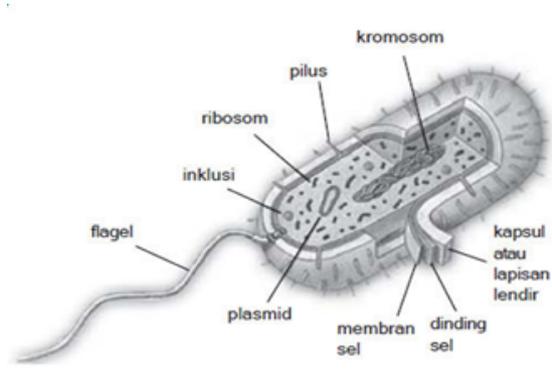
Dinding sel tersusun atas polisakarida, lemak dan protein. dinding sel berfungsi sebagai pelindung dan memberi bentuk yang tetap.

b. Membran Plasma

Membran sel atau membran plasma tersusun atas molekul lemak dan protein. fungsinya sebagai pelindung molekuler terhadap lingkungan di sekitarnya.

c. Sitoplasma

Sitoplasma tersusun atas air, protein, lemak, mineral, dan enzim-enzim.



Gambar 1.6: Ekoli dan Bagian-bagiannya

- d. Mesosom
Pada tempat tertentu membran plasma melekat ke dalam membentuk organel yang disebut mesosom.
 - e. Ribosom
Ribosom merupakan organel tempat berlangsungnya sintesis protein. Ukurannya sangat kecil, berdiameter antara 15-20 nm (1 nanometer = 10^{-8} meter).
 - f. DNA
Asam dioksiribonukleat (dioksiribonukleat acid disingkat DNA) merupakan persenyawaan yang tersusun atas gula deoksiribosa, fosfat dan basa-basa nitrogen DNA berfungsi sebagai sifat pembawa genetic.
 - g. Flagella
Flagella merupakan benang cambuk yang berfungsi untuk bergerak. Jumlah dan bentuk flagella bervariasi pada setiap sel (Kurniati 2020).
2. Struktur Sel Eukariotik
Perbedaan pokok antara sel prokariotik dengan sel eukariotik adalah sel eukariotik memiliki membran inti sedangkan sel prokariotik tidak. Selain itu sel eukariotik memiliki sistem endomembran yakni memiliki organel-organel bermembran seperti retikulum endoplasma, kompleks golgi, mitokondria dan lisosom. Sel eukariotik juga

memiliki sentriol, sedangkan sel prokariotik tidak. Struktur sel eukariotik meliputi:

a. Membran Plasma

Membran plasma atau membran sel tersusun atas molekul lemak dan protein. Molekul lemak tersusun atas dua lapis yang terdapat dibagian tengah membran. Di sebelah luarnya terdapat lapisan protein perifer (protein tepi) yang menyusun tepi luar dan dalam. Protein yang masuk ke lapisan lemak itu disebut protein integral. Fungsi membran plasma adalah sebagai berikut:

- 1) Melindungi isi sel
- 2) Mengatur keluar masuknya molekul-molekul
- 3) Sebagai reseptor (penerima) rangsangan dari luar sel

b. Sitoplasma

Sitoplasma artinya plasma sel yakni cairan yang berada dalam sel selain nukleoplasma (plasma inti). Sitoplasma tersusun atas cairan atau padatan. Cairan sitoplasma disebut sitosol.

1) Sifat-Sifat Fisik Sitosol

Sifat fisik sitosol berubah karena mengandung protein

2) Fungsi sitoplasma

Fungsi sitoplasma sebagai tempat penyimpanan bahan-bahan kimia yang paling penting bagi metabolisme sel, seperti enzim-enzim, ion-ion, gula, lemak dan protein.

c. Nukleus

Nukleus atau inti sel merupakan organel terbesar yang berada dalam sel. Nukleus terdiri dari membran nukleus, nukleoplasma, nukleolus. Fungsi nukleus antara lain mengendalikan pembelahan sel, mengatur pembelahan sel, dan pembawa informasi genetik.

d. Sentriol

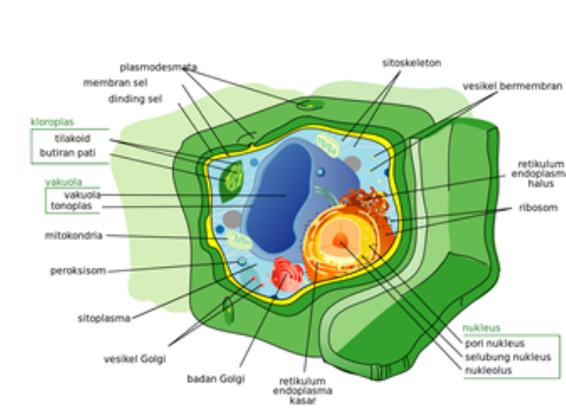
Sentriol merupakan organel yang dapat dilihat ketika sel mengadakan pembelahan. Sentriol hanya dijumpai pada sel hewan, sedangkan pada sel tumbuhan tidak.

- e. **Retikulum Endoplasma (RE)**
Retikulum berasal dari kata retikulas berarti anyaman benang/jala. Retikulum endoplasma berupa R.E kasar dan R.E halus. Fungsi Retikulum Endoplasma kasar yaitu menampung protein yang disintesis oleh ribosom untuk disalurkan ke kompleks golgi dan akhirnya dikeluarkan dari sel. R.E kasar dan R.E. halus mensintesis lemak dan kolesterol, menetralkan racun (detoksifikasi) misalnya yang ada di dalam sel-sel hati, transporasi molekulmolekul dari bagian sel yang satu ke bagian sel yang lain
- f. **Ribosom**
Ribosom tersusun atas RNA-ribosom (RNA-r) dan protein.
- g. **Kompleks Golgi**
Kompleks golgi sering disebut golgi saja, pada sel tumbuhan, kompleks golgi disebut diktiosom
- h. **Lisosom**
Lisosom (lyxo = pencernaan, som = tubuh) merupakan membran berbentuk kantong kecil yang berisi enzim hidrolitik yang disebut lisosom.
- i. **Badan Mikro**
Badan mikro yaitu peroksisom dan glioksisom.
- j. **Mitokondria**
Mitokondria merupakan penghasil energi karena berfungsi untuk respirasi. Mitokondria memiliki 2 membran, yaitu membran luar dan membran dalam
- k. **Mikrotubulus dan Mikrofilamen**
Mikrotubulus pada sel yaitu berupa benang-benang spindel yang menghubungkan dua kutub sel pada waktu sel membelah, pada sel protozoa, misalnya Amoeba, Mikrofilamen berperan dalam pembentukan pseudopodia gerakan sel dan gerakan sitoplasma (Kurniati 2020).

3. Sel Tumbuhan dan Sel Hewan

a. Sel Tumbuhan

Berikut adalah bagian dari sel yang khas dimiliki oleh sel tumbuhan (Gambar 1.7).



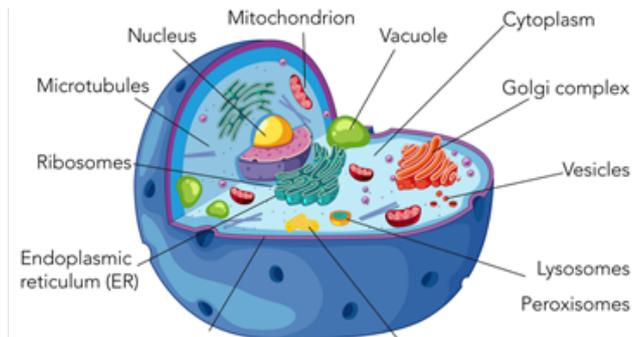
Gambar 1.7: Struktur Sel Tumbuhan

- 1) Dinding sel Di sebelah luar membran plasma terdapat dinding sel yang kaku, dibentuk oleh kompleks golgi. Dinding sel berperan dalam turgiditas sel. Pada dinding sel yang bertetangga di antara dinding selnya terdapat lamela tengah yang banyak mengandung kalsium dan magnesium.
- 2) Plastida Macam-macam plastid
 - a) Kromoplas adalah plastida yang mengandung pigmen merah. Kromoplas terdapat antara lain pada buah tomat yang berwarna merah.
 - b) Leukoplas adalah plastida yang tidak mengandung pigmen warna. Plastida terdapat pada sel-sel embrional empulur batang.
 - c) Amiloplas adalah plastida yang mengandung amilum.
 - d) Kloroplas adalah plastida yang mengandung klorofil
- b. Vakuola sel, pada tumbuhan bersifat menetap. Sel-sel tumbuhan yang memiliki vakuola besar biasa adalah selsel parenkim dan

kolenkim. Fungsi vakuola yaitu tempat cadangan makanan, menyimpan pigmen, menyimpan minyak atsiri dan menyimpan sisa metabolisme.

Sel Hewan

Dalam satu sel hewan (gambar 1.8), terdapat dua sentriol. Kedua sentriol itu terdapat dalam satu tempat yang disebut sentrosom. Saat pembelahan sel tiap-tiap sentriol memisahkan diri menuju kutub yang berlawanan dan memancarkan benang-benang gelendong pembelahan yang akan menjerat kromosom.



Gambar 1.8: Struktur Sel Hewan

Dengan demikian perbedaan sel tumbuhan dan sel hewan, antara lain:

Sel Hewan

1. Tidak memiliki dinding sel
2. Tidak memiliki plastid
3. Memiliki lisosom
4. Memiliki sentrosom
5. Timbunan zat berupa lemak dan glikogen
6. Bentuk tidak tetap
7. Pada hewan tertentu memiliki vakuola, ukuran kecil, sedikit

Sel Tumbuhan

1. Memiliki dinding sel dan membran sel
2. Umumnya memiliki plastid

3. Tidak memiliki lisosom
4. Tidak memiliki sentrosom
5. Timbunan zat berupa pati
6. Bentuk tetap
7. Memiliki vakuola ukuran besar dan banyak (Kurniati 2020).

Bab 2

Proses Menstruasi dan Proses Kehamilan

2.1 Pendahuluan

Menstruasi merupakan suatu proses yang sangat penting dalam kehidupan seorang remaja putri sehingga mereka perlu dibekali pengetahuan dan informasi yang baik dan memadai. Hal ini dilakukan agar mereka tidak terkejut dan merasa ketakutan dalam menghadapi setiap siklus dan proses menstruasi setiap bulannya. Selain itu, sangatlah penting untuk kesiapan mereka melewati setiap perubahan-perubahan fisik maupun mental yang terjadi sebelum, saat dan setelah proses menstruasi. Diharapkan agar mereka siap dan merasakan aman dan nyaman selama proses tersebut. Tak hanya itu, informasi tentang kewajiban menjaga kesehatan dan kebersihan alat reproduksi selama proses menstruasi juga tak kalah penting karena kesehatan alat reproduksi harus dijaga untuk mempersiapkan ke tahap yang lebih kompleks yaitu proses kehamilan, persalinan dan nifas. Hal itu saling berkesinambungan dan sangat erat kaitannya dengan kesehatan alat reproduksi. (Ernawati Sinaga, Nonon Saribanon, Nailus Sa'adah, Ummu Salamah and Agusniar Trisnamiati, 2017)

2.2 Proses Menstruasi

2.2.1 Konsep Dasar Menstruasi

Menstruasi dapat diartikan sebagai keluarnya darah dari dalam vagina wanita yang terjadi secara teratur dan berulang dan juga merupakan suatu tahapan ataupun siklus alamiah yang akan dialami setiap bulannya yang merupakan suatu pertanda bahwa organ reproduksi atau kandungan berfungsi dengan baik dan mampu untuk mempersiapkan kehamilan. Periode menstruasi atau yang disebut siklus haid merupakan periode keluarnya atau lepasnya sel telur dari indung telur atau yang disebut ovarium lalu menunggu di tubafallopium untuk dibuahi dan apabila tidak terjadi pembuahan maka sel telur menuju endometrium dan terjadi penebalan setelah itu meluruh dan keluar melalui vagina. (Kemenkes RI, 2021)

2.2.2 Hormon-hormon yang Berperan dalam Proses Menstruasi

Sistem reproduksi terdiri dari berbagai organ, termasuk hormon-hormon yang ada di dalam tubuh. Hal ini sangat penting di dalam siklus menstruasi yaitu sistem hormonal di mana hormon-hormon ini yang akan mengendalikan proses menstruasi. Berikut beberapa hormon yang berperan dalam proses menstruasi yaitu:

1. Hormon Kelenjar Hipofisis-Hipotalamus

Hipotalamus disebut sebagai kelenjar master yang mengatur dan mengendalikan banyak fungsi vital di dalam tubuh di mana hipotalamus ini berlokasi persis di atas tengah batang otak di antara kelenjar pituitari dan talamus. Semua hormon yang diproduksi di dalam tubuh berasal dari hipotalamus dan itu merupakan bagian terkecil pada pusat otak yang berhubungan langsung dengan hipofisis. *Hipotalamus* bertugas sebagai pusat koordinasi anggota tubuh. Tak hanya itu, hipotalamus juga berfungsi untuk menjaga tubuh dalam keadaan stabil atau homeostatis, merangsang kelenjar endokrin untuk memproduksi banyak hormon. Hipotalamus juga membantu kita dalam mengelola banyak hal, di antaranya yaitu:

tekanan darah, suhu tubuh, hasrat seksual, suasana hati/mood, rasa lapar, haus, tidur, rasa kenyang ketika makan dan lain sebagainya.

2. Folikel Stimulating Hormone (FSH)

Hormon *Folikel Stimulating Hormone* (FSH) adalah hormon yang berperan penting dalam membantu sistem reproduksi, baik itu pada wanita maupun pria. Hormon ini diproduksi oleh kelenjar hipofisis yaitu kelenjar di otak yang berukuran sebesar kacang polong dan berperan penting dalam perkembangan seksual seseorang. Hormon ini berfungsi untuk mengontrol siklus menstruasi, mengatur produksi sel telur dalam ovarium pada wanita dan sel sperma pada pria. Kadar hormon FSH yang rendah dapat menandakan suatu keadaan adanya gangguan pada kelenjar hipofisis.

3. Luteinizing Hormone (LH)

Sama halnya dengan hormone FSH, hormon *Luteinizing Hormone* juga merupakan sebuah hormon yang berperan penting dalam membantu sistem reproduksi pria dan wanita. Bahkan kedua hormon ini (FSH dan LH) saling bekerjasama dalam mengoptimalkan kinerja sistem reproduksi pria dan wanita, mengatur agar siklus menstruasi tetap normal dan menjaga fungsi testis selama masa reproduksi. *Luteinizing Hormone* juga diproduksi oleh kelenjar hipofisis dan berperan penting dalam memicu pelepasan sel telur di dalam ovarium seorang wanita. Perbedaan antara hormon FSH dan LH yaitu hormon FSH berperan penting dalam mengatur produksi sel telur di dalam ovarium, sedangkan hormon LH berperan penting dalam memicu pelepasan sel telur dari dalam ovarium agar terjadinya proses menstruasi.

4. Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH)

Hormon *Gonadotropin-Releasing Hormone* diproduksi di dalam otak, tepatnya berada pada bagian hipotalamus. Hormon ini berfungsi untuk merangsang pelepasan hormon *Folikel Stimulating Hormone* dan *Luteinizing Hormone*. Selain itu hormon ini juga bertugas dalam membuat hormon estrogen, testosteron dan progesteron di mana ini

sangat penting untuk kesuburan wanita, kematangan seksual dan dorongan seks.

5. Hormon Estrogen

Estrogen adalah hormon yang diproduksi oleh ovarium sehingga berfungsi dalam proses ovulasi, sebagai perkembangan fungsi organ seksual, mengatur siklus menstruasi, sebagai penunjang untuk kehamilan yang sehat dan untuk membantu menjaga kesehatan jantung. Selain itu, hormon estrogen juga dapat mengatur mood atau suasana hati, ingatan atau memori dan juga libido pada wanita.

6. Hormon Progesteron

Hormon *progesteron* diproduksi oleh korpus luteum yang berada di dalam ovarium, dihasilkan dari sel-sel lutein korpus luteum sehingga dapat mengatur proses ovulasi, siklus menstruasi dan hormon pendukung saat kehamilan di mana membantu mempersiapkan tubuh seorang wanita untuk berjaga-jaga jika ada potensi kehamilan. Hormon ini juga dapat membantu untuk menebalkan dinding rahim/lapisan endometrium agar sel telur yang sudah matang dan keluar pada saat ovulasi dan sudah dibuahi oleh sel sperma dapat menempel pada dinding rahim/lapisan endometrium. Hormon progesteron juga diproduksi oleh plasenta atau ari-ari disaat seorang wanita sedang hamil. Selain itu, hormon ini juga dihasilkan dari korteks kelenjar adrenal (anak ginjal) dalam jumlah yang sedikit.

2.2.3 Siklus Menstruasi

Siklus menstruasi merupakan sebuah proses perubahan yang terjadi pada hormon secara terus menerus/rutin yang mengakibatkan terjadinya ovulasi, pembentukan endometrium/dinding rahim dan peluruhan endometrium jika tidak terjadinya kehamilan. Pertama, sel telur dirangsang agar menjadi matang di dalam ovarium agar siap dikeluarkan (terjadinya proses ovulasi) dan ini berlangsung setiap bulannya. Kedua, endometrium dipersiapkan untuk berjaga-jaga apabila embrio (sel telur sudah dibuahi sperma) sudah muncul dan akan melekat dan berkembang di endometrium tersebut. Ketiga, apabila tidak terjadinya fertilisasi atau pembuahan (pertemuan sel telur dan sperma),

maka akan terjadinya peluruhan pada endometrium dan keluarlah melalui vagina yang disebut dengan darah menstruasi.

Menurut Prawirohardjo dalam Asasih Villasari (2021), ada tiga masa utama pada tiap siklus menstruasi, yaitu:

1. Masa Menstruasi/Haid

Masa menstruasi berlangsung selama 2-8 hari tergantung dari keadaan masing-masing individu. Pada masa inilah penebalan yang terjadi pada endometrium/dinding rahim akan meluruh apabila sel telur tidak dibuahi oleh sperma atau tidak terjadinya fertilisasi. Lapisan dinding rahim ini mengandung darah, sel-sel dinding rahim dan lendir yang akan keluar melalui vagina. Pada masa inilah disebut Fase Menstruasi.

2. Masa Proliferasi

Masa proliferasi berlangsung sejak awal menstruasi sampai memasuki pada tahap ovulasi di mana akan terjadinya penurunan hormon progesteron sehingga memicu kelenjar hipofisis mensekresikan hormon FSH, hormon FSH merangsang ovarium agar mengeluarkan/menghasilkan 5-20 kantung kecil yang disebut folikel ovarium. Setiap folikel berisi sel telur yang belum matang dan hanya telur yang paling sehat dan dominan yang dapat matang (folikel de graff yaitu folikel terbesar, matang dan siap berovulasi) sehingga sisa-sisa folikel lainnya diserap kembali oleh tubuh. Ini disebut dengan Fase Folikuler. Selama fase folikuler ini menyebabkan peningkatan pada hormon estrogen di mana hormon inilah yang membantu untuk pematangan dan perkembangan sel telur.

Oleh karena hormon estrogen yang meningkat maka menekan produksi FSH akan tetapi memicu kelenjar pituitari untuk melepaskan hormon LH (luteinizing hormone). Fungsi dari hormone LH untuk melepaskan sel telur yang matang dari ovarium. Ketika ovarium melepaskan sel telur yang matang ini disebut ovulasi. Pada saat inilah yang disebut dengan Fase Ovulasi. Pada masa ovulasi adalah satu-satunya waktu selama siklus menstruasi yang dapat

memungkinkan seseorang bisa hamil apabila terjadi pertemuan sel ovum dan sperma.

Selain itu selama pada fase folikuler, peningkatan hormon estrogen memengaruhi endometrium/lapisan dinding rahim untuk berproliferasi dan bertumbuh kembali. Proliferasi ini adalah perbaikan jaringan yang luka (akibat meluruhnya sel-sel dinding rahim pada saat menstruasi) oleh kolagen. Selanjutnya akan ke tahap maturasi di mana endometrium/dinding rahim akan terjadinya pematangan dan penguatan pada jaringan. Sehingga disimpulkan bahwa pada masa proliferasi akan mengalami 2 fase, yaitu fase folikuler dan fase ovulasi.

3. Masa Sekresi

Folikel de graff yang pecah setelah terjadinya ovulasi berubah menjadi korpus rubrum yang mengandung banyak darah. Dengan adanya LH menyebabkan korpus rubrum berubah menjadi korpus luteum. Korpus luteum mengeluarkan hormon progesteron yang dapat memengaruhi pertumbuhan kelenjar endometrium (di mana dinding endometrium menebal dan arteri – arteri membesar) sehingga mengandung glikogen dan lemak. Perubahan endometrium ini dipengaruhi oleh hormon progesteron dan estrogen. Endometrium siap untuk menerima embrio apabila terjadinya fertilisasi yaitu pertemuan sel ovum dan sperma. Fungsi dari endometrium ini yaitu sebagai tempat melekat dan berkembangnya janin dan juga plasenta. Apabila tidak adanya pembuahan atau fertilisasi maka terjadilah penurunan hormon progesteron dan estrogen sehingga korpus luteum akan berdegenerasi, perdarahan dan pelepasan dari endometrium menuju ke vagina untuk dikeluarkan. Pada masa inilah yang disebut dengan Fase Luteal dan seorang wanita akan mengalami gejala sindrom pramenstruasi (PMS) seperti perubahan suasana hati, bengkak dan nyeri payudara, kembung, sakit kepala, perubahan hasrat seksual, kesulitan untuk tidur dan nafsu makan meningkat atau turun tergantung kondisi tubuh masing-masing individu.

Dari pemaparan diatas disimpulkan bahwa ada 4 fase yang akan dialami oleh seseorang dalam siklus menstruasi, yaitu:

1. Fase Menstruasi
2. Fase Folikuler
3. Fase Ovulasi
4. Fase Luteal

2.2.4 Fisiologis Menstruasi

Sejatinya, proses menstruasi merupakan suatu proses alamiah ataupun suatu kondisi fisiologis normal yang dialami oleh seorang wanita di mana terjadinya pelepasan sel ovum yang matang, hormon-hormon yang berperan, pengeluaran darah, lendir dan sisa-sisa sel secara berkala.

Proses ini dimulai ketika Hipofisis mensekresikan hormon FSH di mana hormon FSH ini merangsang folikel-folikel yang berada pada ovarium dan hanya 1 folikel yang dapat terangsang yaitu folikel terbesar dan dominan yang akan matang. Hormon estrogen akan membantu pematangan dan perkembangan folikel menjadi folikel de graaf dan akan menekan produksi FSH sehingga hipofisis akan mengeluarkan hormon LH. Produksi hormon FSH dan LH ini dipengaruhi oleh releasing hormone yang disalurkan oleh hipotalamus ke hipofisis. Dibawah pengaruh LH, folikel de graaf menjadi matang dan membantu pengeluaran dari ovarium sehingga terjadilah ovulasi.

Setelah terjadinya ovulasi, terbentuklah korpus rubrum yang akan berubah menjadi korpus luteum dan ini terjadi dibawah pengaruh LH dan LTH (Luteotrophic Hormones, sebuah hormon gonadotropik). Korpus luteum menghasilkan hormone progesterone di mana hormone ini yang akan memengaruhi pertumbuhan pada kelenjar endometrium agar menebal dan siap untuk menerima dan tempat melekatnya janin dan plasenta. Apabila tidak terjadinya pembuahan/fertilisasi, maka hormone estrogen dan progesterone akan menurun sehingga menyebabkan degenerasi pada endometrium yang menebal tadi dan akan mengeluarkan sel-sel dinding rahim, lendir, darah dan akan terlepas dari endometrium menuju vagina untuk dikeluarkan setiap perbulannya.

2.2.5 Sindrom Sebelum Menstruasi

Pada saat sebelum dan pada masa menstruasi, umumnya seorang wanita akan mengalami perasaan yang tidak nyaman dan ini akan menimbulkan gejala ataupun yang disebut sindrom, yaitu:

1. Perut bagian bawah terasa sakit atau terasa penuh
2. Suasana hati yang berubah-ubah: mudah emosi, tersinggung dan gelisah
3. Nyeri pada bagian payudara
4. Mudah lelah
5. Sakit kepala
6. Produksi minyak pada kulit berlebih
7. Timbulnya jerawat
8. Nyeri pada punggung dan perut

2.2.6 Cara Penanggulangan Masalah Menstruasi

Ada banyak cara dalam menanggulangi masalah menstruasi. Pada dasarnya keluhan-keluhan yang dirasakan saat sebelum menstruasi atau PMS dapat diatasi tergantung kondisi fisik setiap individu dan bagaimana cara membuat agar keadaan fisik dan perasaan menjadi lebih baik, nyaman dan tenang. Berikut beberapa tips yang dapat dilakukan, yaitu:

1. Menghindari minuman bergas agar terhindar dari perut yang terasa penuh
2. Mengurangi minuman yang berkafein
3. Minum jamu/herbal agar dapat meningkatkan suasana hati yang lebih nyaman, selain itu dapat mengurangi rasa nyeri pada perut dan punggung
4. Minum air hangat juga dapat mengurangi rasa nyeri
5. Perbanyak minum air putih agar menstruasi lancar
6. Lakukan olahraga ringan agar dapat merilekskan otot-otot tubuh
7. Tetaplah menjalani kegiatan sehari-hari seperti biasanya
8. Istirahat yang cukup dan lakukan me-time agar perasaan lebih tenang

2.2.7 Hal-hal yang Perlu Diperhatikan saat Menstruasi

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan oleh seorang wanita ketika sedang di masa menstruasi, yaitu:

1. Menjaga kebersihan diri dengan mandi minimal 2 kali sehari karena kuman mudah masuk dan mudah terinfeksi penyakit pada saluran reproduksi
2. Penggunaan pembalut secara teratur dan diganti minimal 3-4 kali sehari atau setelah mandi dan setelah buang air kecil
3. Sebelum dan saat menstruasi pada umumnya akan mengalami PMS dan hal ini merupakan suatu yang fisiologis sehingga seorang wanita tidak perlu khawatir yang berlebihan

2.2.8 Kelainan Menstruasi

Dalam siklus menstruasi juga dapat ditemui beberapa kelainan dari jumlah dan lamanya pendarahan (Villasari, 2021), yaitu sebagai berikut:

1. Amenorrhea
Amenorrhea terbagi dua yaitu *amenorrhea* primer dan sekunder. *Amenorrhea* primer yaitu seorang wanita belum pernah menstruasi sama sekali hingga usia 18 tahun hingga lebih dengan tanda seks sekunder (+) atau pada usia 14 tahun dengan tanda seks sekunder (-). *Amenorrhea* sekunder yaitu seorang wanita sudah pernah menstruasi sebelumnya akan tetapi tidak menstruasi lagi selama 3 bulan berturut-turut atau lebih.
2. Pseudoamenorrhea
Keadaan ini di mana seorang wanita memiliki darah menstruasi akan tetapi tidak bisa keluar dikarenakan tertutupnya bagian serviks, vagina dan hymen.
3. Menstruasi Praecox
Keadaan ini di mana seorang wanita mengalami menstruasi di usia yang sangat muda yaitu sekitar 8-10 tahun.

4. Hypomenorrhea

Kondisi ini di mana seorang wanita mengalami menstruasi dengan darah haid yang keluar sedikit/terlalu sedikit.

5. Oligomenorrhea

Kondisi ini di mana seorang wanita mengalami menstruasi tidak teratur dikarenakan siklus menstruasi yang lebih panjang yaitu lebih dari 35 hari.

6. Polymenorrhea

Keadaan ini di mana seorang wanita mengalami menstruasi yang lebih sering dikarenakan siklus menstruasi yang pendek yaitu kurang dari 25 hari

7. Metrorragieba

Kondisi ini terjadi pada seorang wanita yang mengalami perdarahan pada rahim meskipun bukan di jadwal menstruasi.

8. Dysmenorrhea

Keadaan ini di mana seorang wanita mengalami/merasakan nyeri pada saat sebelum mengalami menstruasi, pada saat mengalami menstruasi dan sesudah menstruasi. Nyeri yang dirasakan secara terus menerus atau disebut bersifat kolik.

2.3 Proses Kehamilan

2.3.1 Konsep Dasar Kehamilan

Kehamilan merupakan suatu kondisi/keadaan yang sangat istimewa yang akan dirasakan/dialami oleh seorang wanita sebagai calon menjadi seorang ibu. Proses kehamilan merupakan pertemuan antara sel ovum yang sudah matang dengan sel sperma dan terjadilah pembuahan, kemudian menjadi janin sampai akhirnya menuju kelahiran. Kehamilan ini merupakan suatu proses alamiah dan fisiologis. Pada dasarnya setiap wanita yang memiliki organ reproduksi yang sehat, sudah mengalami menstruasi dan juga sudah melakukan hubungan seksual dengan seorang pria yang organ reprodukasinya juga sehat maka besar kemungkinan akan mengalami terjadinya kehamilan.

Pada masa ini seorang ibu hamil akan mengalami banyak perubahan fisik yang akan memengaruhi hidupnya selain itu akan memengaruhi mentalnya juga. Perubahan keadaan fisik dan mental ini akan mengejutkan pada ibu apalagi jika ibu mengalami kehamilan anak pertama. Tapi jika sebelumnya ibu dibekali dengan pendidikan kesehatan pada kehamilan dan informasi yang lengkap maka seorang calon ibu akan dapat melaluinya dengan baik. Perubahan-perubahan pada kehamilan ini terjadi oleh karena adanya faktor hormonal yang juga sebuah proses yang alamiah sudah ada pada diri disetiap wanita dan proses kehamilan ini juga merupakan suatu hal yang fisiologis.

Menurut Federasi Obstetri Ginekologi International bahwa kehamilan itu dapat didefinisikan sebagai suatu fertilisasi di mana terjadinya penyatuan dari spermatozoa pria dengan sel ovum wanita dan dilanjutkan dengan nidasi ataupun implantasi. Jika dihitung dari saat fertilisasi hingga lahirnya bayi dan kehamilan ini berjalan normal dapat disimpulkan bahwa proses berlangsungnya kehamilan ini dalam waktu 40 minggu atau 280 hari atau 9 bulan menurut kalender internasional. Kehamilan dapat dibagi menjadi 3 trimester yaitu trimester pertama yang dimulai dengan konsepsi sampai usia 3 bulan atau 0 – 12 minggu, trimester kedua dimulai dari 4 bulan sampai 6 bulan atau 13 minggu sampai 28 minggu dan terakhir trimester ketiga yang dimulai dari 7 bulan hingga 9 bulan atau 29 minggu sampai 42 minggu.

2.3.2 Hormon-hormon yang Berperan dalam Proses Kehamilan

Berikut dibawah ini yang merupakan hormone-hormon yang berperan selama dalam proses kehamilan, yaitu:

1. Human Chorionic Gonadotropin Hormone (HCG Hormone)
Hormon HCG merupakan hormon yang diproduksi oleh tubuh selama masa kehamilan di mana hormon ini dihasilkan oleh sel-sel di dalam plasenta. Hormon ini yang akan menjadi acuan munculnya tanda positif pada kehamilan ketika dilakukan pemeriksaan test pack. Pada kehamilan muda biasanya kadar HCGnya rendah dan itu hal yang normal akan tetapi bisa juga suatu pertanda terjadinya kehamilan ektopik atau keguguran pada kehamilan. Kadar HCG yang tinggi merupakan suatu tanda kehamilan kembar, down syndrome dan

kehamilan anggur. Maka dari itu sangatlah penting untuk ibu hamil melakukan pemeriksaan kadar HCG secara dini dan secara berkala.

2. Human Placental Lactogen (HPL)

Sama halnya dengan hormone HCG, hormon HPL ini juga diproduksi oleh tubuh selama masa kehamilan dan dihasilkan oleh plasenta di mana berfungsi untuk menyiapkan nutrisi untuk janin dan merangsang kelenjar asir susu di dalam payudara sampai proses menyusui nantinya.

3. Estrogen

Hormon estrogen sudah ada di dalam tubuh meskipun tidak dalam keadaan hamil. Hormon ini akan meningkat secara signifikan ketika masa kehamilan. Kadar estrogen yang tinggi di trimester pertama akan memicu rasa mual dan muntah pada ibu hamil dan pada trimester kedua akan merangsang pembesaran saluran kelenjar susu pada payudara. Ada beberapa manfaat/fungsi dari estrogen selama masa kehamilan, yaitu:

- a. Membantu memberikan nutrisi pada janin
- b. Mendukung pertumbuhan dan perkembangan janin
- c. Membentuk pembuluh darah baru yang gunanya untuk menyalurkan nutrisi ke janin
- d. Meningkatkan aliran darah pada tubuh, itulah kenapa ibu hamil kelihatan cerah atau glowing selama masa kehamilan

4. Progesteron

Sama seperti hormon estrogen, hormon progesterone juga merupakan jenis hormon yang sudah ada dalam tubuh meskipun dalam keadaan sebelum hamil dan akan meningkat signifikan pada masa kehamilan berlangsung. Adapun fungsi hormon progesterone, yaitu:

- a. Menjaga ketebalan dinding rahim selama janin berkembang semasa kehamilan
- b. Menjaga kekebalan tubuh ibu selama masa kehamilan
- c. Menjaga otot-otot rahim agar kuat dan rileks selama masa kehamilan
- d. Mempersiapkan payudara untuk memproduksi ASI

5. Oksitosin

Hormon oksitosin biasanya akan diproduksi pada trimester ketiga kehamilan. Hormon inilah yang akan membantu dalam proses kelahiran. Itulah kenapa ada beberapa hal yang dihindari selama trimester 1 dan 2 kehamilan agar tidak memicu pengeluaran hormon oksitosin seperti melakukan pijatan pada bagian punggung yang menyebabkan hormon oksitosin ini aktif. Fungsi dari hormon oksitosin pada kehamilan trimester 3 yaitu:

- a. Meregangkan serviks atau melenturkan leher rahim
- b. Merangsang proses kontraksi rahim saat persalinan
- c. Merangsang jaringan payudara untuk membantu dalam proses menyusui (mengASIhi) setelah persalinan

6. Prolaktin

Hormon prolaktin juga merupakan hormon yang sudah ada di dalam tubuh, akan tetapi jumlahnya akan bertambah dan meningkat sebanyak 10-20 kali lipat di masa kehamilan. Hormon ini berfungsi untuk meningkatkan produksi ASI pada saat ibu menyusui nantinya.

Dapat disimpulkan bahwa hormon HCG dan HPL akan muncul dan diproduksi ketika ibu sudah memasuki masa kehamilan dan hanya seorang yang berjenis kelamin wanita yang dapat membawa hormon ini. Hormon estrogen, progesteron, oksitosin dan prolaktin merupakan jenis hormon yang sudah ada sebelumnya pada tubuh ibu akan tetapi jumlahnya akan meningkat pesat semasa kehamilan.

2.3.3 Proses Terjadinya Kehamilan

Proses kehamilan dapat dibagi menjadi:

1. Ovum

Ketika memasuki masa subur, organ reproduksi wanita akan mengalami ovulasi yaitu sel ovum yang sudah matang keluar dari ovarium, ditangkap oleh fimbriae (silia) di mana struktur halus pada seperti rambut pada fimbriae ini akan bergerak cepat menuju saluran tuba falopi dan siap untuk dibuahi oleh sel sperma.

2. Sperma

Sperma akan masuk ke dalam vagina wanita apabila adanya ejakulasi pada hubungan seksuai yang normalnya mengeluarkan satu sendok teh semen yang mengandung 200-500 juta sel sperma. Sperma akan berenang melewati leher rahim atau serviks dan masuk ke dalam rahim hingga mencapai saluran tuba falopi selanjutnya sperma bertemu dengan sel ovum dan pertemuan kedua akan terjadilah fertilisasi.

3. Fertilisasi

Sel ovum yang bertemu dengan sperma mengakibatkan fertilisasi. Fertilisasi ini berlangsung di ampulla tuba uterina. Fertilisasi ditandai dengan adanya peleburan sel ovum dan sperma sehingga membentuk zigot, disinilah proses konsepsi sedang berlangsung.

4. Implantasi

Setelah terjadinya fertilisasi, ovum dan sperma yang bersatu tadi akan menuju ke endometrium sambil membelah diri sampai membentuk blastokista. Mereka membutuhkan waktu 3-4 hari agar sampai ke endometrium. Sesampainya di endometrium, mereka akan mengapung dan membutuhkan 2-3 hari agar menempel dan tertanam pada lapisan dinding rahim atau endometrium. Menempel dan tertanam inilah yang disebut dengan implantasi. Ciri-ciri terjadinya implantasi yaitu seorang wanita akan mengeluarkan sedikit bercak darah berwarna coklat atau merah muda melalui vagina dan ini berlangsung hanya beberapa jam saja.

5. Pembentukan Embrio

Blastokista yang sudah menempel dan tertanam pada endometrium akan terus mengalami pembelahan sel sampai hingga berkembang menjadi embrio (ini akan menjadi janin) dan amnion (organ yang berbentuk kantung atau yang disebut cairan ketuban di mana ini akan menjadi tempat untuk embrio berkembang selama kehamilan).

2.3.4 Tanda dan Gejala Kehamilan

Proses setelah terjadinya kehamilan, seorang wanita akan mengalami perubahan-perubahan baik itu secara fisik dan mental pada dirinya. Tanda – tanda dan gejala kehamilan akan mulai bermunculan. Tanda yang pada umumnya akan dialami oleh seorang wanita yang sudah positif hamil, yaitu:

1. Mengalami morning sickness (mual muntah pada pagi hari)
2. Tidak mendapatkan menstruasi di periode berikutnya
3. Tes kehamilan positif (+)
4. Perut membesar dan dirasakan ada janin yang bergerak
5. Pada pemeriksaan terdengar DJJ (denyut jantung janin)
6. Pada pemeriksaan USG terdapat kantung kehamilan

Tanda dan gejala lainnya yang akan dialami oleh seorang wanita yang positif hamil (Kemenkes RI, 2021), yaitu:

1. Payudara terasa nyeri
2. Merasakan kram pada perut
3. Tidak nafsu makan
4. Warna kulit cenderung gelap di beberapa area tertentu seperti, ketiak, leher, siku, bawah perut, selangkangan dan puting
5. Mengalami kenaikan berat badan
6. Konstipasi
7. Perut kembung
8. Mengidam makanan tertentu atau mengidam hal-hal tertentu
9. Mood swing dikarenakan pengaruh hormon, kadang merasa bahagia, kadang tiba-tiba merasakan sedih, kesal, marah dan lain-lain.

2.3.5 Perubahan Fisiologis Selama Kehamilan

Perubahan fisiologis yang dialami oleh seorang wanita selama kehamilan yaitu:

1. Perubahan fisiologis secara fisik meliputi:
Perubahan pada uterus, payudara, vagina dan vulva, integument, pernapasan, pencernaan, perkemihan, volume darah, sel darah, metabolisme tubuh dan lain sebagainya.

2. Perubahan psikologis/mental meliputi:

Perasaan ini merupakan sebuah emosional yang dirasakan oleh seorang wanita seperti suasana hati yang selalu berubah-ubah dari yang merasa bahagia tiba-tiba merasa sedih pada satu waktu, perasaan yang tidak enak, rasa takut dan khawatir bahkan bisa merasakan brain fog.

2.3.6 Tanda Bahaya Kehamilan

Pada kehamilan juga terdapat beberapa tanda bahaya di mana tanda bahaya ini merupakan suatu tanda/gejala yang muncul pada saat kehamilan berlangsung, bisa berupa infeksi ataupun gangguan-gangguan lainnya yang terjadi selama kehamilan.

Tanda/gejala yang berbahaya yang wajib diwaspadai yaitu:

1. Perdarahan pervaginam baik itu di usia kehamilan muda ataupun tua
2. Keluarnya air ketuban sebelum waktunya
3. Terjadinya demam tinggi yang disebabkan oleh infeksi
4. Ibu mengalami mual muntah hebat di mana ini sudah terdiagnosa Hiperemesis Gravidarum
5. Janin dalam kandungan kurang bergerak dari bulan-bulan sebelumnya
6. Janin dalam kandungan tidak ada pergerakan sama sekali
7. Bengkak pada bagian ekstermitas yaitu kaki, tangan, selain itu juga bengkak pada bagian wajah. Bengkak ini disertai sakit kepala yang hebat atau adanya kejang

Bab 3

Sistem Tubuh Manusia, Anatomi dan Sistem Persarafan

3.1 Definisi Anatomi

Anatomi berasal dari bahasa Yunani yang berarti memotong, ilmu anatomi merupakan cabang ilmu pengetahuan mengenai struktur tubuh pada manusia, hewan dan makhluk lainnya. Anatomi adalah ilmu yang mempelajari struktur tubuh dengan cara menguraikan tubuh menjadi bagian yang lebih kecil ke bagian yang paling kecil, dengan cara memotong atau mengiris tubuh kemudian diangkat, dipelajari, dan diperiksa menggunakan mikroskop. Tubuh manusia tersusun oleh serangkaian sistem yang kompleks, dimulai dari sel, jaringan, organ dan gabungan dari beberapa organ sehingga menjadi sebuah sistem organ yang mempunyai fungsi dan peran tersendiri dalam tubuh manusia. Dalam dunia medis anatomi tubuh manusia merupakan sebuah pelajaran wajib. Semua dokter, perawat dan para medis diajarkan untuk mengetahui bentuk, letak dan fungsi-fungsi semua organ tubuh. Pada saat ini pembelajaran mengenai anatomi tubuh manusia masih tergolong konvensional dengan bantuan buku dan juga alat peraga. Sedangkan dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat sistem pembelajaran seharusnya dapat menjadi lebih mudah dan interaktif.

3.2 Sistem Tubuh Pada Manusia

1. Sistem Kerangka

Pada sistem kerangka tubuh manusia terdiri dari susunan atau berbagai macam tulang yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya. Sedangkan dalam kerangka kepala memiliki 8 buah tulang, kerang dada 25 tulang, wajah 14 tulang, tulang belakang dan tulang pinggul 26 buah. Pada lidah 1 tulang dan kaki 62 buah (Zuyina, 2014).

2. Sistem Otot

Sistem otot fungsinya untuk menggerakkan tubuh. Otot merupakan yang memungkinkan manusia dalam melakukan segala aktivitas dari berjalan sampai mengangkat beban pada suatu benda. Didalam otot memiliki 600 otot dalam tubuh. (Zuyina, 2014)

3. Sistem Pencernaan

Sistem pencernaan merupakan bagian organ yang fungsinya menerima atau mencerna makanan, proses pencernaan serta menyerap zat-zat gizi untuk dibawa kedalam aliran darah dan membuang bagian atau sisa makanan yang tidak bisa dicerna oleh tubuh. Sistem pencernaan tersebut dimulai dari mulut hingga ke anus. Berjalan mulai mulut, tenggorokan, kerongkongan, lambung, usus kecil, usus besar, rektum dan berakhir sampai dianus. (Zuyina, Luklukaningsih 2014).

4. Sistem Pernafasan

Sistem pernafasan yang fungsinya untuk bernafas adalah paru-paru. Pada sistem ini, oksigen merupakan kebutuhan yang sangat utama, sebab kita menghirup oksigen dan mengeluarkan karbondioksida dan uap air. (Zuyina, Luklukaningsih 2014).

5. Sistem Indra

Sistem indera pada organ tubuh berfungsi untuk menerima rangsangan dari lingkungan sekitar. Sistem Indera memiliki 5 indera yang bisa disebut panca indera di antaranya indera penglihatan,

indera pendengaran, indera penciuman, indera pengecap, indera peraba. (Zuyina, Luklukaningsih 2014)

6. Sistem Reproduksi

Sistem reproduksi yaitu suatu rangkaian dan interaksi organ dalam yang berfungsi untuk berkembang biak. Pada sistem reproduksi pada perempuan sendiri berpusat pada ovarium, fungsinya berguna menghasilkan ovum dan hormon, Alat reproduksi perempuan terdiri dari rahim, indung telur, liang senggama. Indung telur sendiri merupakan kelenjar keamin yang berfungsi untuk memproduksi sel-sel telur sedangkan alat reproduksi laki-laki berfungsi sebagai penghasil dari hormon testoteron. (Zuyina, 2014)

7. Sistem Urinaria

Ginjal adalah suatu kelenjar berbentuk seperti kacang yang terletak pada dinding belakang rongga perut setinggi ruas-ruas tulang belakang sebelah atas, ginjal kiri letaknya lebih tinggi daripada ginjal kanan. Sisi ginjal yang menghadap ke dalam berbentuk cekung. Di sini masuk nadi ginjal (dari aorta) ke dalam ginjal. Nadi ini bercabang-cabang dalam jaringan ginjal.

8. Sistem Otak

Sistem saraf pusat berkembang dari suatu struktur yang berbentuk bumbung. Pada bumbung tersebut dapat dilihat sebuah dasar, sebuah atap dan dua dinding sisi sebagai pembatas suatu terusan yang terletak di tengah. Dalam perkembangan selanjutnya pada beberapa tempat bumbung tadi menjadi tebal, sedangkan pada tempat-tempat lain dindingnya tetap tinggal seperti semula. Di sebelah depan berkembang dua gelembung yang setangkup letaknya. Gelembung-gelembung ini kemudian menjadi kedua belahan otak besar. Di sebelah belakang terbentuk otak kecil, oleh karena itu atap bumbung di sini menjadi semakin tebal.

9. Sistem Saraf

Sistem saraf pada tubuh tersusun atas saraf pusat dan saraf tepi. Sistem saraf pusat terdiri dari otak sumsum tulang belakang, sedangkan dalam saraf yang terdiri dari sistem saraf otonom dan

somatis. Sistem saraf tersebut memiliki tugas menyampaikan rangsangan dari reseptor untuk direspon oleh tubuh kita dalam menanggapi rangsangan sendiri (Zuyina, Luklukaningsih 2014).

3.3 Sistem Saraf Manusia

Sistem saraf manusia merupakan jalinan jaringan saraf yang saling berhubungan, sangat khusus, dan kompleks. Sistem saraf ini mengoordinasikan, mengatur, dan mengendalikan interaksi antara seorang individu dengan lingkungan sekitarnya. Sistem tubuh yang penting ini juga mengatur aktivitas sebagian besar sistem tubuh lainnya. Tubuh mampu berfungsi sebagai satu kesatuan yang harmonis karena pengaturan hubungan saraf di antara berbagai system

Sistem Saraf tersusun dari jutaan serabut sel saraf (neuron) yang berkumpul membentuk suatu berkas (faskulum). Neuron adalah komponen utama dalam sistem saraf.

Secara umum sistem saraf sebagai sistem koordinasi mempunyai fungsi utama yaitu:

1. Memelihara fungsi tubuh
2. Mengatur kegiatan di dalam tubuh
3. Menerima rangsangan eksternal dan internal
4. Mengoah rangsangan yang diterima
5. Merespon rangsangan yang diterima

Sistem saraf terdiri atas sel-sel saraf yang disebut neuron. Neuron bergabung membentuk suatu jaringan untuk mengantarkan impuls (rangsangan). Satu sel saraf tersusun dari badan sel, dendrit, dan akson. Dendrit berfungsi menangkap dan mengirimkan impuls ke badan sel saraf, sedangkan akson berfungsi mengirimkan impuls dari badan sel ke jaringan lain. Akson biasanya sangat panjang.

Sebaliknya, dendrit pendek.

1. Badan sel

Badan sel saraf merupakan bagian yang paling besar dari sel saraf. Badan sel berfungsi untuk menerima rangsangan dari dendrit dan meneruskannya ke akson. Pada badan sel saraf terdapat inti sel, sitoplasma, mitokondria, sentrosom, badan golgi, lisosom, dan badan sel. Badan sel merupakan kumpulan retikulum endoplasma tempat transportasi sintesis protein.

2. Dendrit

Dendrit adalah serabut sel saraf pendek dan bercabang-cabang. Dendrit merupakan perluasan dari badan sel. Dendrit berfungsi untuk menerima dan mengantarkan rangsangan ke badan sel.

3. Akson

Akson disebut neurit. Neurit adalah serabut sel saraf panjang yang merupakan perwujudan sitoplasma badan sel. Di dalam neurit terdapat benang-benang halus yang disebut neurofibril. Neurofibril dibungkus oleh beberapa lapis selaput mielin yang banyak mengandung zat lemak dan berfungsi untuk mempercepat jalannya rangsangan. Selaput mielin tersebut dibungkus oleh sel-sel sel Schwann yang akan membentuk suatu jaringan yang dapat menyediakan makanan untuk neurit dan membantu pembentukan neurit. Lapisan mielin sebelah luar disebut neurilemma yang melindungi akson dari kerusakan. Bagian neurit ada yang tidak dibungkus oleh lapisan mielin. Bagian ini disebut dengan nodus Ranvier dan berfungsi mempercepat jalannya rangsangan.

Terdapat 3 (tiga) jenis sel saraf berdasarkan fungsi, yaitu:

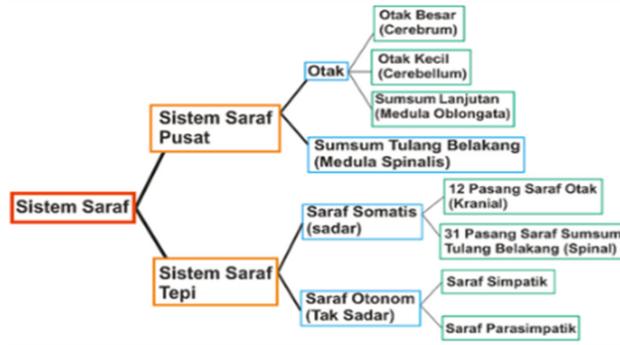
1. Sel Saraf Sensorik (saraf Afleren)

Berfungsi menghantarkan rangsangan dari reseptor (penerima rangsangan) ke sumsum tulang belakang.

2. Sel Saraf Motorik (saraf Efleren)

Berfungsi menghantarkan impuls motorik dari susunan saraf pusat ke efektor. Rangsangan yang diantarkan berasal atau diterima dari otak dan sumsum tulang belakang.
3. Sel Saraf Penghubung/intermediet/asosiasi

Merupakan penghubung sel saraf yang satu dengan sel saraf yang lain.



Gambar 3.1: Susunan Saraf Manusia

Sistem saraf secara umum terbagi menjadi dua yaitu sistem saraf pusat dan tepi

1. Sistem saraf pusat

a. Otak

Otak merupakan alat tubuh yang sangat penting dan sebagai pusat pengatur dari segala kegiatan manusia. Otak terletak di dalam rongga tengkorak, beratnya lebih kurang 1/50 dari berat badan. Bagian utama otak adalah otak besar (Cerebrum), otak kecil (Cerebellum), dan batang otak. Otak terletak di dalam rongga kepa, yang pada orang dewasa sudah tidak dapat lagi membesar, sehingga bila terjadi penambahan komponen rongga kepala akan meningkatkan tekanan intra kranial.

1) Otak besar (Cerebrum)

Berfungsi untuk pengaturan semua aktivitas mental yaitu berkaitan dengan kepandaian (intelegensi), ingatan

(memori), kesadaran, dan pertimbangan. Otak besar terletak di bagian depan otak.

Terdiri atas:

- a) Bagian belakang (oksipital) →pusat penglihatan.
- b) Bagian samping (temporal) →pusat pendengaran.
- c) Bagian tengah (parietal) →pusat pengatur kulit dan otot terhadap panas, dingin, sentuhan, tekanan.
- d) Antara bagian tengah dan belakang →pusat perkembangan kecerdasan, ingatan, kemauan, dan sikap

2) Otak kecil (Cerebellum)

Otak kecil terletak di bagian belakang otak besar, tepatnya di bawah otak besar. Otak kecil terdiri atas dua lapisan, yaitu lapisan luar berwarna kelabu dan lapisan dalam berwarna putih. Otak kecil dibagi menjadi dua bagian, yaitu belahan kiri dan belahan kanan yang dihubungkan oleh jembatan varol. Otak kecil berfungsi sebagai pengatur keseimbangan tubuh dan mengkoordinasikan kerja otot ketika seseorang akan melakukan kegiatan.

3) Otak Tengah (Mesensefalon)

Terletak di depan otak kecil dan jembatan varol (menghubungkan otak kecil bagian kiri dan kanan, juga menghubungkan otak besar dan sumsum tulang belakang).

Di depan otak tengah (diencephalon)

- a) Taamus (Pusat pengatur sensoris)
- b) Hipotaamus (Pusat pengatur suhu, Mengatur selera makan, Keseimbangan cairan tubuh). Bagian atas ada lobus optikus (pusat refleks mata). Medua oblongata merupakan salah satu bagian dari batang otak. berperan dalam mengontrol fungsi-fungsi otonomik (fungsi yang tidak disadari) seperti pernapasan, pencernaan, detak jantung, fungsi pembuluh darah, serta menelan dan bersin.

b. Pelindung Otak

Otak terdiri dari rangka tulang bagian luar dan tiga lapisan jaringan ikat yang disebut meninges. Lapisan meningeal terdiri dari pia meter, lapisan araknoid dan durameter.

- 1) Tengkorak.
- 2) Ruas-Ruas Tulang Belakang.
- 3) Tiga Lapisan Selaput Otak (Meninges).

c. Sumsum Tulang Belakang (Medula Spinalis)



Gambar 3.2: Struktur Sumsum Tulang Belakang

Fungsi:

- 1) Penghubung impuls dari dan ke otak.
- 2) Memungkinkan jaan terpendek pada gerak refleks.

Di bagian dalam ada

- 1) Akar dorsal yang mengandung neuron sensorik.
- 2) Akar ventral yang mengandung neuron motorik.

2. Sistem Saraf Tepi (Perifler)

a. Saraf Otonom

Sistem saraf otonom disusun oleh serabut saraf yang berasal dari otak maupun dari sumsum tulang belakang dan menuju organ yang bersangkutan. Dalam sistem ini terdapat beberapa jalur dan masing-masing jalur membentuk sinapsis yang kompleks dan juga membentuk ganglion. Urat saraf yang terdapat pada pangkal

ganglion disebut urat saraf pra ganglion dan yang berada pada ujung ganglion disebut urat saraf post ganglion.

Sistem saraf otonom dapat dibagi atas sistem saraf simpatik dan sistem saraf parasimpatik. Perbedaan struktur antara saraf simpatik dan parasimpatik terletak pada posisi ganglion. Saraf simpatik mempunyai ganglion yang terletak di sepanjang tulang belakang menempel pada sumsum tulang belakang sehingga mempunyai urat pra ganglion pendek, sedangkan saraf parasimpatik mempunyai urat pra ganglion yang panjang karena ganglion menempel pada organ yang dibantu. Fungsi sistem saraf simpatik dan parasimpatik selalu berlawanan (antagonis). Sistem saraf parasimpatik terdiri dari keseluruhan "nervus vagus" bersama cabang-cabangnya ditambah dengan beberapa saraf otak lain dan saraf sumsum sambung.

1) Sistem Saraf Simpatik

Sistem syaraf ini berada di depan tulang rusuk bagian tulang belakang yang memiliki pangkal pada sumsum tulang belakang atau medua spinalis yang berada di bagian dada dan pinggang. Saraf tersebut di sebut juga dengan saraf torakolumbar, karena saraf preganglion keluar yang berasal dari tulang belakang toraks dari ke 1 sampai ke 12. Pada sistem saraf simpatik memiliki 25 pasang ganglio atau yang merupakan simpul di sumsum tulang belakang.

Fungsi dari sistem saraf simpatik ini pada umumnya adalah untuk dapat memacu kerja organ tubuh, tetapi ada pua beberapa yang dapat menghambat kerja dari organ tersebut.

Fungsi Saraf Simpatik

- a) Memperbesar pupil mata
- b) Memperbesar bronkus
- c) Memperbesar pupil mata
- d) Menghambat ereksi
- e) Menghambat sekresi empedu
- f) Mempercepat detak jantung

- g) Mempeambat kerja pencernaan
- h) Menurunkan tekanan darah
- i) Meningkatkan sekresi adrenalin
- j) Menghambat kontraksi kantung seni

2) Sistem Saraf Parasimpatik

Sistem saraf parasimpatik adalah suatu saraf yang memiliki pangkal di sumsum tulang belakang anjutan atau medua oblongata. Sistem ini disebut sebagai sistem saraf kranosakral di karenakan saraf preganglion keluar dari otak dan dari sakral. Saraf parasimpatik ini terdiri dari jaringan-jaring yang memiliki keterhubungan dengan ganglion yang teah tersebar ke seluruh tubuh.

Fungsi Saraf Parasimpatik

- a) Mengecilkan pupil mata
- b) Merangsang eraksi
- c) Memperkecil bronkus
- d) Meningkatkan tekanan darah
- e) Menghambat sekresi adrenalin
- f) Menghambat detak jantung
- g) Meningkatkan sekresi empedu
- h) Menghambat organ pencernaan
- i) Mempercepat kontraksi kantung seni

Bab 4

Anatomi Sistem Panca Indera, Pencernaan dan Perkemihan

4.1 Anatomi Sistem Panca Indera

Indra mendeteksi dan menafsirkan perubahan kondisi internal dan eksternal. Sel reseptor ini diklasifikasikan menjadi dua kelompok berdasarkan perannya dalam tubuh: intero reseptor dan ekso reseptor. Intero reseptor ini membantu tubuh beradaptasi dengan kondisi baru. Sel otot, tendon, ligamen, sendi, dinding arteri, dinding usus, dan sebagainya semuanya termasuk sel intero reseptor. Berbeda dengan intero reseptor yang mendeteksi perubahan di dalam tubuh, ekso reseptor mendeteksi perubahan di lingkungan luar. Pertama, ada mata; kedua, telinga; ketiga, kulit; keempat, lidah; dan kelima, hidung; semua ini adalah ekso reseptor. Kita sering menyebut fakultas-fakultas tersebut dengan sebutan “panca indera”(Heni Puji Wahyuningsih, S.SiT., M.Keb dan Dr. Yuni Kusmiyanti., 2017). Panca indera akan diperiksa lebih rinci di bawah ini:

4.1.1 Telinga/Indra Pendengaran

Tulang temporal tengkorak menampung sistem penyeimbang telinga, yang hanyalah salah satu dari banyak komponen rumit dan berfungsi penting dari

organ yang menakjubkan dan serbaguna ini. Kebanyakan telinga memerlukan pengujian khusus daripada pemeriksaan langsung.

Telinga dapat dipecah menjadi bagian luar, tengah, dan dalam.

1. Telinga Luar

Daun telinga, membran timpani, dan gendang telinga membentuk saluran pendengaran eksternal. Lihat Gambar 1 di bawah untuk ilustrasi anatomi telinga luar:



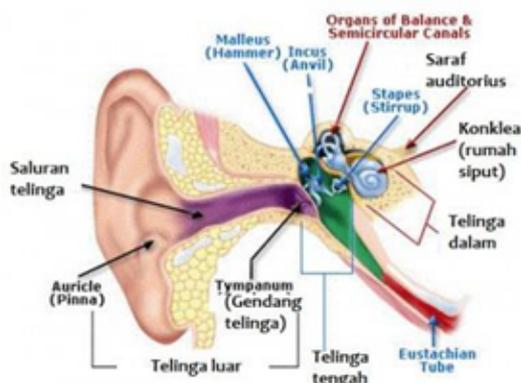
Gambar 4.1: Telinga Luar atau Eksternal

Daun telinga, atau pinna atau daun telinga, adalah daun tulang rawan yang bertindak sebagai reseptor suara dan saluran transmisi ke membran timpani (gendang telinga) melalui saluran pendengaran eksternal, sebuah tabung kecil yang panjangnya hanya 2,5 cm. Bagian luar dan tengah telinga dipisahkan oleh membran timpani, yang sering disebut gendang telinga. Membran timpani merupakan selaput lendir yang melapisi saluran telinga dan berbentuk kerucut yang idealnya disesuaikan dengan gelombang suara yang bergetar secara mekanis.

2. Telinga Tengah

Bagian petrous tulang temporal mempunyai ruang berisi udara yang berfungsi sebagai telinga tengah. Saluran eustachius (eustachius tube)

adalah saluran yang membentang dari telinga tengah hingga bagian belakang tenggorokan. Saat Anda menguap, menelan, atau mengunyah, Anda mungkin bisa membuka saluran yang biasanya tertutup. Tekanan udara di setiap sisi membran timpani disamakan melalui saluran ini. Ada tiga tulang pendengaran (tulang pendengaran) di telinga tengah: maleus (landasan), inkus (palu), dan inkus (palu). Ketiga, tulang sanggurdi (stapes).



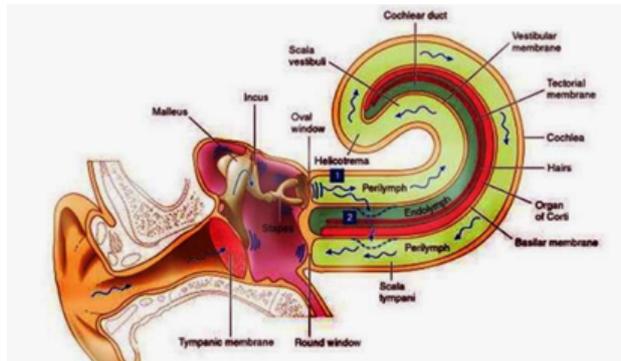
Gambar 4.2: Telinga Tengah (Martini, 2012)

Tulang-tulang ini meneruskan getaran dari membran timpani ke telinga bagian dalam melalui fenestra vestibuli. Fenestra vestibuli yang berbentuk oval disesuaikan ukurannya dengan stapes, dan otot stapedius terhubung dengannya dan menariknya ke luar. Untuk menutup fenestra vestibuli, otot tensor timpani terhubung ke pegangan maleus, yang terletak di membran timpani. Kedua otot yang berfungsi sebagai peredam kejutan berkontraksi secara refleks sebagai respons terhadap suara keras. Suara yang terlalu keras mungkin akan teredam oleh otot-otot ini sebelum mencapai telinga bagian dalam. Karena proses ini, bahkan suara yang sangat keras pun tidak menimbulkan distorsi yang berarti pada pendengaran kita. Sekalipun kita sedang tidur nyenyak dan seseorang mengeluarkan suara keras di dekat kita, otot-otot ini akan secara refleks berkontraksi untuk meredam suara tersebut sebelum mencapai telinga

bagian dalam. (Heni Puji Wahyuningsih, S.SiT., M.Keb dan Dr. Yuni Kusmiyanti., 2017).

3. Telinga Dalam

Berisi cairan dan terletak di tulang temporal, medial telinga tengah, adalah telinga bagian dalam (internal).



Gambar 4.3: Telinga Dalam

Baik labirin tulang maupun labirin membran, yang terletak di dalam labirin tulang, membentuk telinga bagian dalam.

a. Labirin tulang

Labirin tulang yang melingkar berisi perilimfe, cairan yang mirip dengan cairan serebrospinal. Bagian petrosal tulang temporal ditembus oleh tiga bagian berikut.

- 1) Vestibula adalah bagian sentral labirin tulang yang menghubungkan saluran semisirkular dengan koklea.
 - a) Dinding lateral vestibula mengandung fenestra vestibuli dan fenestra cochleae, yang berhubungan dengan telinga tengah.
 - b) Membran yang melapisi fenestra untuk mencegah keluarnya cairan perilimfe.
- 2) Rongga tulang saluran semisirkular yang menonjol dari bagian posterior vestibula.
 - a) Saluran semisirkular anterior dan posterior mengarah pada bidang vertikal, di setiap sudut kanannya.

- b) Saluran semisirkular lateral terletak horizontal dan pada sudut kanan kedua saluran di atas.
- 3) Koklea mengandung reseptor pendengaran.
- b. Labirin membranosa

Di dalam labirin tulang, mengikuti bentuknya, terdapat jaringan tabung dan kantung berongga yang dikenal sebagai labirin membranosa. Cairan *endolimfe* yang terdapat di daerah ini mirip dengan cairan antar sel. Dua kantung, utrikulus dan sakulus, disatukan oleh saluran *endolimfe* yang pendek dan tipis, memulai perjalanannya di labirin membran sistem vestibular. Kanal setengah lingkaran labirin tulang menampung saluran setengah lingkaran yang membawa *endolimfe*. Baik reseptor keseimbangan statis (bagaimana kepala berorientasi dalam ruang sesuai dengan gaya gravitasi) dan dinamis (apakah kepala bergerak atau diam serta kecepatan dan arah gerakan) dapat ditemukan di setiap saluran setengah lingkaran, utrikulus, dan sakula. Sakulus berhubungan dengan saluran koklea di koklea, sedangkan utrikulus berhubungan dengan saluran setengah lingkaran.

Sel-sel rambut koklea dan pembuluh darah serta serabut saraf dari cabang koklea dari saraf vestibulocochlear ditempatkan dalam inti tulang yang membuat koklea berputar dua setengah kali.

Koklea dibagi menjadi tiga saluran oleh septum.

1. Cairan endolimfe terletak pada saluran koklea disebut juga skala medium, yaitu saluran tengah labirin membranosa dan hubungannya dengan sakula.
2. Skala vestibuli dan skala timpani masing-masing merupakan bagian atas dan bawah labirin tulang. Kedua sisik ini berisi cairan perilimfe, dan terus tumbuh melalui helikotrema, sebuah lubang di bagian paling atas koklea.
 - a. Membran Reissner (membran vestibular) memisahkan skala media dari skala vestibuli yang berhubungan dengan fenestra vestibuli.

- b. Membran basilar memisahkan skala media dari skala timpani yang berhubungan dengan fenestra cochleae.
3. Skala media berisi organ corti yang terletak pada membran basilar.
 - a. Sel rambut berfungsi sebagai reseptor pada organ Corti, yang terdapat pada membran basilar, dan dikelilingi oleh sel pendukung.
 - b. Membran tectorial, yang menutupi sel-sel rambut seperti pita, merupakan struktur agar-agar.
 - c. Cabang koklea saraf vestibulocochlear bersentuhan dengan ujung basal sel rambut. Karena sel-sel rambut tidak memiliki akson, sel-sel tersebut membuat sinapsis langsung dengan ujung saraf koklea.

Faal Pendengaran

Gendang telinga dirangsang oleh gelombang suara yang masuk ke telinga bagian luar. Ketiga tulang pendengaran akan membawa getaran tersebut ke jendela oval. Cairan *limfe* di saluran *vestibulum* menangkap getaran dari struktur koklea di jendela oval. Cairan *limfe* saluran tengah akan bergetar dan membran Reissner akan tergeser. Cairan *limfe* yang mengalir melalui saluran tengah menimbulkan getaran yang menggeser membran basilar, yang selanjutnya mengguncang isi saluran timpani. Membran mengembang pada jendela melingkar sebagai akibat dari gerakan. Ketika membran basilar digetarkan pada frekuensi yang tepat, sel-sel rambut akan bergerak naik dan turun. Ketika sel-sel rambut bersentuhan dengan membran tectorial, suatu stimulus (impuls) dihasilkan. Saraf pendengaran membawa impuls dari organ Corti, yang dirangsang oleh getaran membran tectorial dan membran basilar, ke pusat pendengaran di batang otak.

Tahapan faal pendengaran terdiri dari beberapa hal di bawah ini.

1. Bunyi masuk ke liang telinga dan menyebabkan gendang telinga bergetar.
2. Gendang telinga bergetar oleh bunyi.
3. Getaran bunyi bergerak melalui osikula ke rumah siput.
4. Getaran bunyi menyebabkan cairan di dalam rumah siput bergetar.

5. Sel-sel rambut melengkung sebagai respons terhadap getaran cairan. Saraf pendengaran menerima impuls dari sel-sel rambut yang dikirim sepanjang saraf. Suara bernada rendah dikirim oleh sel-sel rambut di ujung basal koklea, sedangkan suara bernada tinggi ditransmisikan oleh sel-sel rambut di puncak.
6. Saraf auditori mengirim sinyal ke otak di mana sinyal ditafsirkan sebagai bunyi.

Gangguan Indra Pendengaran

Ada dua jenis gangguan pendengaran yaitu gangguan konduktif dan gangguan sensoris.

1. Gangguan Konduktif

Penyebab umumnya termasuk infeksi telinga (cerumen) dan masalah telinga tengah (otitis media, otosklerosis). Suara tidak dapat merambat dengan efisien melalui udara ke telinga bagian dalam dalam kondisi seperti ini. Dengan kata lain, ketika jalur gelombang suara yang melewati telinga dan mencapai koklea dan saraf pendengaran terhambat.

2. Gangguan Sensoris

Cedera saraf koklea atau vestibulokoklea merupakan akar dari kondisi ini. Gangguan pendengaran campuran dan gangguan pendengaran fungsional dapat terjadi selain gangguan konduksi saraf dan sensorik. Ketika konduksi udara dan konduksi tulang terganggu, pasien akan mengalami kehilangan suara campuran. Anorganik dan tidak berhubungan dengan perubahan anatomi yang dapat diamati dalam proses pendengaran, kehilangan suara fungsional atau psikogenik adalah gejala umum dari ketidaknyamanan emosional.

Terkait penyakit pada indra pendengaran dijelaskan sebagai berikut.

1. Sakit telinga

Ada berbagai macam sakit telinga. Intensitasnya bisa bervariasi, mulai dari rasa berdenyut yang hampir tidak terlihat hingga rasa sakit yang menusuk dan membakar. Ada sejumlah sumber potensial

ketidaknyamanan telinga. Ini termasuk: a) infeksi saluran luar telinga b) Infeksi telinga tengah yang parah. c) Labirinitis, atau radang telinga bagian dalam yang disebabkan oleh virus. Sumbatan kotoran telinga. d) Barotrauma, yang disebabkan oleh ketidakseimbangan tekanan udara antara telinga bagian dalam dan luar, serta demam.

2. Telinga Berdenging (tinnitus)

Hilangnya keseimbangan tekanan udara antara bagian dalam dan luar telinga, seringkali saat Anda mengalami demam atau hidung tersumbat (barotrauma), adalah penyebab umum tinnitus (telinga berdenging). Beberapa obat memiliki efek samping yang tidak diinginkan yaitu menyebabkan telinga berdenging atau berdengung. d) Telinga berdenging juga dapat disebabkan oleh serangan serangga atau air.

3. Penyakit Meniere

Akumulasi cairan yang tidak normal di labirin adalah akar penyebab penyakit Meniere. Orang-orang paruh baya lebih rentan terhadap penyakit ini.

4. Othematoma

Pendarahan internal dan perkembangan jaringan telinga yang tidak normal (membuat telinga tampak berumbai seperti kembang kol) merupakan ciri othematoma, suatu kelainan yang ditandai dengan rusaknya tulang rawan telinga. Encyclopedia encharta, cacat lahir yang menyebabkan kondisi ini, menyebabkan tidak adanya daun telinga dan saluran pendengaran.

5. Tuli

Ketuliaan, atau ketidakmampuan mendengar suara apa pun, dapat berkembang seiring berjalannya waktu. Terjadi pada salah satu telinga atau kedua telinga secara bersamaan. Infeksi pada telinga luar atau tengah, serta penyumbatan saluran eustachius akibat demam atau alergi, merupakan penyebab potensial ketuliaan.

Audiometri adalah tes yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah seseorang mengalami gangguan pendengaran. Komponen pertama dari ujian mengevaluasi keterampilan persepsi akustik

kandidat. Kedua, mengevaluasi seberapa baik seseorang dapat mendengar melalui tengkoraknya. Dimungkinkan juga untuk melakukan uji penghalang akustik. Kerusakan pada telinga tengah, yang dapat mengganggu mobilitas normal gendang telinga, dapat dideteksi dengan menggunakan tes ini. Pemancar suara disertakan dalam perangkat yang ditempatkan di saluran telinga luar. Pemancar suara mengirimkan getaran ke gendang telinga pada tekanan udara yang bervariasi untuk memaksimalkan kapasitas gendang telinga dalam memantulkan suara. Jika gendang telinga lemah, penyebab utamanya dapat diidentifikasi dari temuan ini.

6. Penyumbatan

Cerumen, atau kotoran telinga, dapat menumpuk dan menyumbat saluran telinga, mengakibatkan ketidaknyamanan, penderitaan, dan bahkan gangguan pendengaran sementara. Air bisa masuk ke telinga tengah jika gendang telinga berlubang, sehingga dapat memperburuk infeksi yang sudah ada. Dalam hal ini, alat pengisap atau benda tumpul digunakan untuk mengeluarkan serumen.

7. Perikondritis

Infeksi telinga luar yang dikenal sebagai perikondritis memengaruhi tulang rawan di sana. Cedera, gigitan serangga, dan munculnya bisul yang disengaja merupakan penyebab potensial perikondritis. Akan terjadi penumpukan nanah antara tulang rawan dan perikondrium. Nanah terkadang menghalangi aliran darah ke tulang rawan, mengakibatkan kerusakan pada tulang rawan dan, akhirnya, kelainan bentuk telinga. Perikondritis bersifat destruktif dan persisten, namun jarang menimbulkan gejala yang parah.

8. Radang telinga atau biasa disebut dengan otitis media

Anak kecil sangat rentan terhadap penyakit yang disebabkan oleh virus dan bakteri ini. Sakit telinga, demam, dan gangguan pendengaran ringan hanyalah sebagian kecil dari gejala penyakit ini. Produksi nanah di telinga menunjukkan adanya kondisi serius yang dapat menyebabkan ketulian akibat pecahnya gendang telinga.

9. Labirintitis

Suatu kondisi yang memengaruhi labirin telinga dikenal sebagai labirinitis. Berbagai variabel, seperti infeksi, cedera, dan alergi, berkontribusi terhadap perkembangan penyakit ini. Selain gangguan pendengaran, kondisi ini juga dapat menyebabkan tinnitus, mual, muntah, vertigo, dan pusing (Henri Puji Wahyuningsih, S.SiT., M.Keb dan Dr. Yuni Kusmiyanti., 2017).

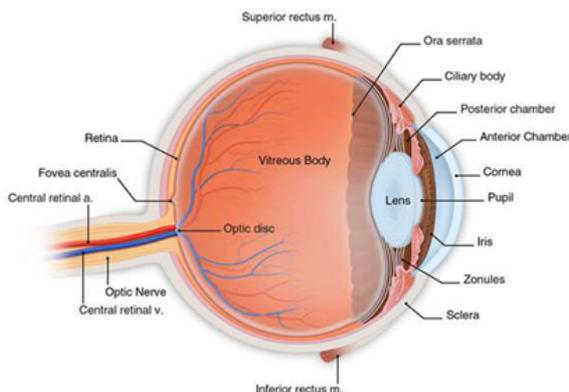
4.1.2 Mata/Indra Penglihatan

Sensasi penglihatan adalah yang terpenting. Mata, seperti kamera obscura tradisional, adalah sebuah bola yang memperbesar dan mendeteksi cahaya dan rangsangan lainnya (Haryani, Halimatussadiah, 2009).

Mata terdiri dari lebih dari sekedar mata itu sendiri; kelopak mata, bulu mata, dan alis juga merupakan bagian dari mata. Kacamata ini memiliki kemampuan melindungi mata dari partikel di udara dan radiasi. Bulu mata dan alis melindungi mata dari debu dan cahaya, sedangkan kelopak mata melindungi mata dari keringat. (Ni Nyoman Budiani, S.SiT, M.Biomed dan Ni Nyoman Sumiasih, SKM, 2016)

Fungsi bagian-bagian indra penglihatan adalah sebagai berikut:

1. Kornea mata berfungsi untuk menerima rangsang cahaya & meneruskannya ke bagianmata yang lebih dalam.
2. Lensa mata berfungsi meneruskan & memfokuskan cahaya agar bayangan benda jatuh ke lensa mata.
3. Iris berfungsi mengatur banyak sedikitnya cahaya yang masuk ke mata
4. Pupil berfungsi sebagai saluran masuknya cahaya.
5. Retina berfungsi untuk membentuk bayangan benda yang kemudian dikirim oleh saraf mata ke otak
6. Otot mata berfungsi mengatur gerakan bola mata
7. Saraf mata berfungsi meneruskan rangsang cahaya dari retina ke otak



Gambar 4.4: Bola mata

4.1.3 Hidung/Indra Penciuman

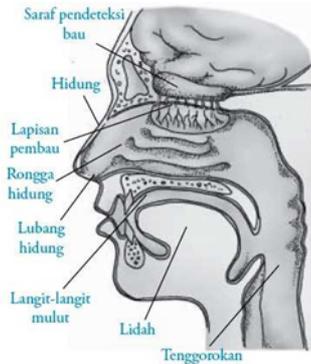
Fungsi bagian-bagian indra penciuman:

1. Lubang hidung berfungsi untuk keluar masuknya udara
2. Rambut hidung berfungsi untuk menyaring udara yang masuk ketika bernapas
3. Selaput lendir berfungsi tempat menempelnya kotoran & sebagai indra penciuman
4. Serabut saraf berfungsi mendeteksi zat kimia yang ada dalam udara pernapasan
5. Saraf penciuman berfungsi mengirimkan bau-bauan yang ke otak

Ada kemungkinan uap keluar dari bagian belakang mulut (faring) ke hidung saat kita mengunyah makanan. Reseptor aroma akan menangkap uap ini, yang akan meningkatkan cita rasa hidangan. Makanan mempunyai rasa karena lebih dari sekedar aromanya; suhu dan sentuhan juga memainkan peran penting. Oleh karena itu, otak membuat hubungan antara tiga sensasi rasa, penciuman, dan sentuhan.

Bahan kimia yang dikeluarkan senyawa ini ke udara merupakan bahan sensitif bagi hidung. Epitel olfaktorius yang terletak di langit-langit saluran hidung merupakan organ yang sangat sensitif terhadap molekul bau karena mengandung komponen pendeteksi bau (reseptor bau). Sekitar 10 juta reseptor ini telah ditemukan. Sinyal disampaikan ke bulbus alfafaktorius melalui saraf

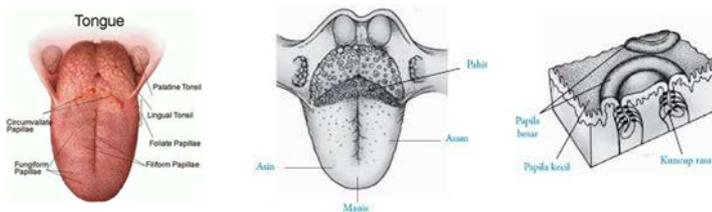
penciuman ketika partikel bau ditangkap oleh reseptor. Di sinilah impuls dikirim ke otak, lalu diproses untuk menentukan manis atau tidaknya bau yang kita hirup (Devi, 2022).



Gambar 4.5: Belahan hidung dari samping

4.1.4 Lidah/Indra Pengecap

Papila, bintik bergelombang di lidah, merupakan tempat berakhirnya saraf pengecap. Tergantung di mana letaknya di lidah, setiap nodul saraf pengecap memiliki rentang persepsi rasa yang unik. Anda mungkin merasakan pahit di bagian belakang lidah, asin dan asam di bagian samping, dan manis di ujung lidah (Ni Nyoman Budiani, S.SiT, M.Biomed dan Ni Nyoman Sumiasih, SKM, 2016).



Gambar 4.6: Anatomi lidah manusia

4.1.5 Kulit/Indra Peraba

Kulit, disebut juga kutis, menutupi seluruh bagian luar tubuh dan merupakan salah satu organ dengan luas permukaan terbesar dalam tubuh manusia. Ia mempunyai banyak fungsi penting, termasuk ekskresi, perlindungan dari

unsur-unsur, pengaturan suhu internal tubuh, dan pertahanan. tubuh, sebagai organ sentuhan dan pengecap. Sentuhan, tekanan, panas, dingin, dan nyeri hanyalah lima sensasi yang dapat dideteksi oleh banyak reseptor di kulit. Distribusi reseptor-reseptor ini pada kulit tidak seragam, begitu pula rasio jumlahnya. Irianto (2012) menemukan bahwa jumlah reseptor nyeri 27 kali lebih banyak dibandingkan reseptor dingin dan jumlah reseptor dingin 10 kali lebih banyak dibandingkan reseptor panas (Irianto, 2012).

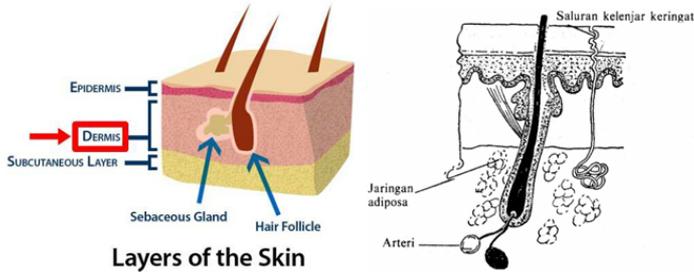
Seperti yang telah diketahui sebelumnya, dendrit di ujung sel saraf sensorik yang terpisah bertanggung jawab untuk menangkap sensasi di kulit. Sel saraf sensorik telanjang berakhir di reseptor panas, dingin, dan nyeri. Dendrit mengelilingi folikel rambut, dan terminalnya, badan Ruffini dan pelat Merkel, memperluas dendrit untuk membantu indra peraba. Dendrit, yang dapat ditempatkan di tubuh Meissner hingga tubuh Pacini, berperan dalam persepsi sentuhan dan tekanan (Fox, 2008).

Fungsi sensorik kulit mencakup pengambilan data dari lingkungan internal dan eksternal tubuh, dan mekanisme yang mendasarinya bekerja sama dengan sistem saraf untuk memungkinkan hal ini. Kemudian, sinyal tersebut dikirim ke otak dan sumsum tulang belakang. Begitu otak menerima impuls tersebut, otak memproses dan menerjemahkannya sehingga kita dapat menentukan, misalnya struktur atau suhu suatu benda di tangan kita (Putri, 2023).

Sentuhan penginderaan membutuhkan kulit. Ujung jari, telapak tangan, telapak kaki, bibir, dan alat kelamin merupakan area tubuh yang paling sensitif untuk disentuh.

Fungsi bagian-bagian kulit:

1. Kulit ari berfungsi mencegah masuknya bibit penyakit & mencegah penguapan air dari dlm tubuh.
2. Kelenjar keringat berfungsi menghasilkan keringat
3. Lapisan lemak berfungsi menghangatkan tubuh
4. Otot penggerak rambut berfungsi mengatur gerakan rambut.
Pembuluh darah berfungsi mengalirkan darah keseluruh tubuh.



Gambar 4.7: Penampang kulit

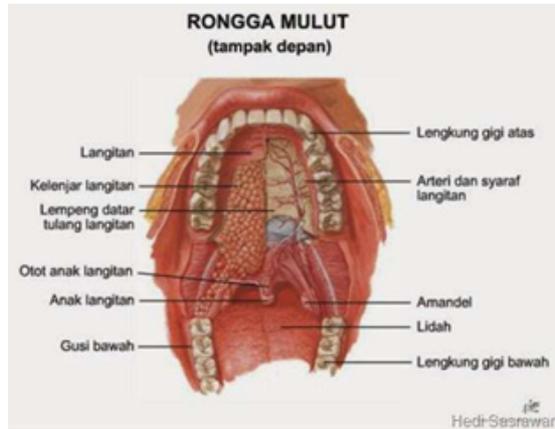
4.2 Pencernaan

Pencernaan memecah benda padat dan cair menjadi partikel yang lebih kecil dan lebih mudah diatur. Termasuk dalam proses tersebut adalah penggunaan enzim dan organ pencernaan lainnya untuk memecah molekul makanan kompleks menjadi lebih kecil (Drs.H.Kirnantoro, SKM, M.Kes dan Ns.Maryanan, SSiT, 2022). Sistem pencernaan adalah sebuah tabung yang dilapisi oleh otot. Untuk bisa masuk ke aliran darah, makanan harus dipecah terlebih dahulu oleh sistem pencernaan. Mulut, kerongkongan, lambung, usus kecil, usus besar, dan anus adalah bagian dari sistem pencernaan.

Berikut ini adalah penguraian sistem pencernaan manusia menjadi bagian-bagian komponennya seperti yang diungkapkan oleh (Ni Nyoman Budiani, S.SiT, M.Biomed dan Ni Nyoman Sumiasih, SKM, 2016).

1. Mulut

Mulut adalah jalur utama untuk menelan makanan. Mulut adalah rumah bagi berbagai struktur, termasuk lidah, rongga mulut, kelenjar ludah, dan gigi. Pengunyahan, pencernaan, pengecapan, dan membantu menelan hanyalah beberapa dari sekian banyak fungsi mulut. Gigi dan lidah melakukan pencernaan mekanis, sedangkan air liur dan enzim ptyalin melakukan pencernaan kimiawi di mulut. Berikut ini adalah gambaran skema mulut manusia beserta bagian-bagian dan fungsinya:



Gambar 4.8: Rongga Mulut

Mulut terdiri dari:

- a. Langit-langit
 - b. Gigi
 - c. Gusi
 - d. Tulang langit-langit
 - e. Pembuluh darah dan saraf langit-langit
 - f. Amandel
 - g. Lidah
 - h. Anak lidah
2. Kerongkongan

Kerongkongan adalah saluran yang dilalui makanan dari mulut ke lambung. Kerongkongan adalah bagian spesifik dari sistem pencernaan. Kerongkongan yang berotot dilapisi oleh tabung jaringan. Peristaltik, yang melibatkan kontraksi dan relaksasi otot-otot esofagus, menggerakkan makanan dari mulut lebih jauh ke dalam sistem pencernaan. Anda dapat melihat kerongkongan dan seluruh bagiannya pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.9: Otot kerongkongan

Kerongkongan dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

- a. Bagian superior yang sebagian besar terdiri dari otot rangka.
 - b. Bagian tengah yang terdiri dari campuran otot rangka (otot lurik) dan otot polos.
 - c. Bagian inferior yang terdiri dari otot polos.
3. Lambung

Lambung adalah organ pencernaan yang memecah makanan menjadi potongan-potongan kecil yang lebih mudah diatur. Perut terletak di bawah rongga tubuh. Pepsin, renin, lipase, dan asam klorida (HCl) adalah enzim pencernaan yang membantu pemecahan kimiawi makanan di lambung. Berikut ini adalah diagram sistem pencernaan:

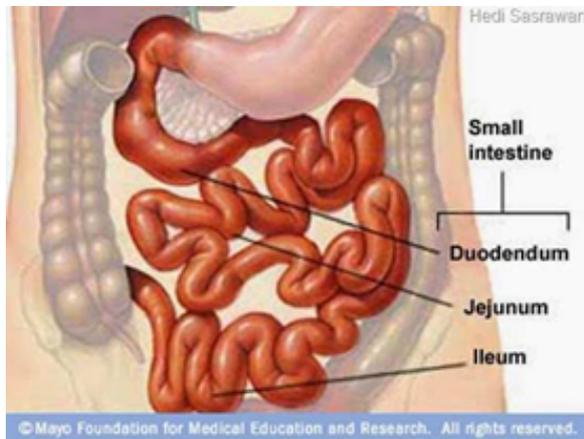


Gambar 4.10: Lambung

Lambung terbagi menjadi otot jantung di bagian atas, fundus di tengah, dan pilorus di bagian bawah. Terdapat sfingter di bagian atas perut, tepat di pertemuannya dengan kerongkongan, yang mencegah makanan dimuntahkan. Sfingter pilorus terletak di bawah dan memisahkan lambung dari duodenum.

4. Usus Halus

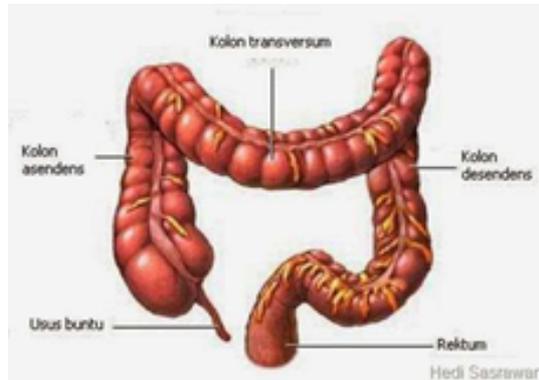
Usus halus merupakan tempat penyerapan rasa dan aroma makanan. Dalam hal ini, enzim termasuk trypsin, disaccharidase, erepsin, dan lipase membantu proses pencernaan kimiawi. Vili adalah tonjolan di dinding usus yang menyerap sari makanan. Vena portal membawa semua nutrisi ke hati kecuali asam lemak dan gliserol. Sedangkan vena limfatik membawa asam lemak dan gliserol. Berikut adalah diagram yang menggambarkan struktur dan fungsi usus halus: Ada tiga bagian usus halus: duodenum, jejunum, dan ileum.



Gambar 4.11: Usus Halus

5. Usus Besar

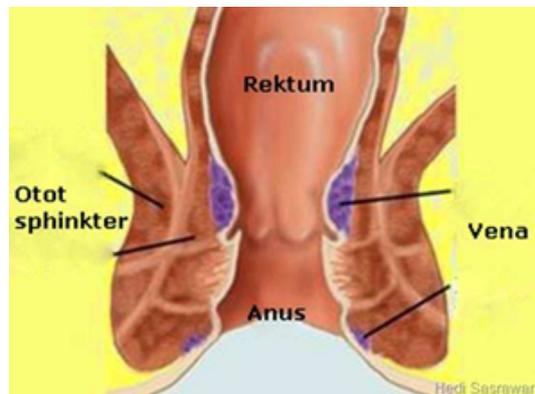
Usus besar merupakan usus terpanjang dan terbesar. Usus besar bertanggung jawab untuk mengatur ulang makanan yang dicerna. Di organ ini, mikroba membantu penguraian sisa-sisa makanan, dan penyerapan air paling tinggi dibandingkan organ lainnya. Berikut gambaran skema struktur dan fungsi usus besar:



Gambar 4.12: Usus Besar

Struktur usus besar terdiri dari:

- a. Usus buntu
 - b. Kolon asendens (kolon naik)
 - c. Kolon transversum (kolon datar)
 - d. Kolon desendens (kolon turun)
 - e. Rektum. Tempat menyimpan feces sebelum dikeluarkan melalui anus.
6. Anus
- Anus atau rektum menghubungkan rektum dengan seluruh tubuh dan dunia luar. Otot sfingter yang terletak di anus memudahkan pembukaan dan penutupan anus. Anus terutama berfungsi sebagai jalan keluar produk limbah saat buang air besar. Anus dan komponennya terlihat pada gambar di bawah ini. Ada otot rektus, vena, dan rektum di anus. Tugas otot sfingter adalah melebarkan atau mempersempit anus. Sementara itu, rektum berfungsi untuk menyimpan limbah sementara.



Gambar 4.13: Anus

4.2.2 Organ Pencernaan Tambahan (Aksesoris)

Organ pelengkap ini berfungsi untuk membantu sistem pencernaan dalam menjalankan misinya. Sebuah tabung mengarah dari sistem pencernaan ke rongga mulut, tempat gigi dan lidah berada. Sekresi ekstra dari kelenjar pencernaan membantu proses pencernaan. Sistem pencernaan, termasuk kelenjar ludah, hati, dan pankreas, serta gigi dan lidah.

4.2.3 Proses Pencernaan Makanan dalam Sistem Pencernaan pada Manusia

Pertama, mulut adalah tempat pencernaan sebenarnya dimulai. Mengunyah makanan dengan gigi dan pencernaan kimiawi dengan enzim ptyalin (amilase) adalah contoh pencernaan mekanis. Karbohidrat (pati) di mulut dapat dipecah menjadi maltosa, gula sederhana, oleh enzim ptyalin. Maltosa adalah gula sederhana yang mudah dipecah oleh tubuh. Kondisi optimal untuk enzim ptyalin adalah pH 6,8–7 dan 37 derajat Celcius. Kerongkongan kemudian mengangkut makanan ke lambung. Ketika otot-otot esofagus mengerut, makanan didorong ke bawah menuju lambung.

Bahan kimia dan enzim berikut terlibat dalam proses pencernaan kimiawi yang terjadi di lambung:

1. Renin, berfungsi mengendapkan protein pada susu (kasein) dari air susu (ASI). Hanya dimiliki oleh bayi.

2. Pepsin, berfungsi untuk memecah protein menjadi pepton.
3. HCl (asam klorida), berfungsi untuk mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin. Sebagai disinfektan, serta merangsang pengeluaran hormon sekretin dan kolesistokinin pada usus halus.
4. Lipase, berfungsi untuk memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Namun lipase yang dihasilkan sangat sedikit.

Setelah menghabiskan tiga sampai empat jam di perut, makanan dipindahkan ke duodenum. Duodenum adalah tempat keluarnya enzim dari pankreas. 1) Amilase, enzim yang mengubah pati menjadi gula maltosa yang lebih sederhana. Meskipun usus besar bertanggung jawab untuk memecah trigliserida menjadi asam lemak dan gliserol, trypsin di usus kecil bertanggung jawab untuk memecah protein dan pepton menjadi komponen asam amino dan dipeptida.

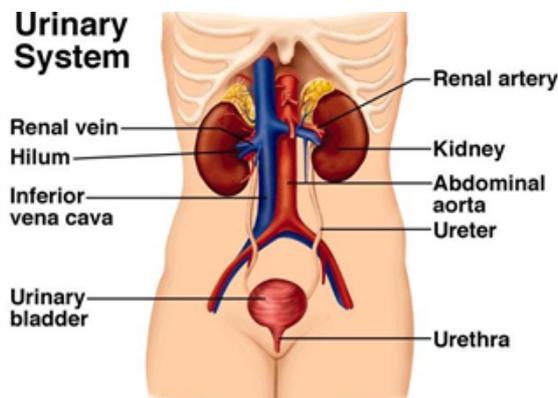
Di sisi lain, ada empedu. Kandung empedu adalah kantung tempat hati menyimpan empedu untuk digunakan nanti. Melalui saluran empedu, empedu mencapai duodenum. Pigmen bilirubin kekuningan dan garam empedu membentuk empedu. Garam empedu membantu mengemulsi lemak. Ketika hati memecah sel darah merah, pigmen kecoklatan dilepaskan. Empedu merupakan zat limbah yang dikeluarkan oleh hati. Pewarna empedu adalah penyebab di balik warna gelap kotoran.

Usus kecil adalah perhentian makan berikutnya. Enzim pencernaan yang berbeda memfasilitasi pemecahan kimiawi makanan di usus kecil. Glukosa adalah produk akhir pencernaan karbohidrat. Baik protein maupun lemak masing-masing dipecah menjadi asam amino dan asam lemak penyusunnya selama pencernaan. Dengan demikian, duodenum adalah tempat akhir pencernaan karbohidrat, lipid, dan protein. Apalagi usus penyerap yang kosong merupakan tempat terjadinya proses penyerapan. Glukosa adalah bentuk karbohidrat yang diserap, asam lemak dan gliserol adalah bentuk lipid yang diserap, dan asam amino adalah bentuk protein yang diserap. Vitamin dan mineral, sebaliknya, diserap langsung oleh usus kecil dan tidak perlu dicerna. Usus besar bertanggung jawab untuk memproses makanan yang tidak tercerna dan zat lain seperti lendir yang tidak dapat dipecah di usus kecil. *Escherichia coli* adalah sejenis bakteri yang hidup di usus besar. Dalam proses mengubah sisa makanan menjadi tinja, bakteri ini memegang peranan penting. Bakteri *E. coli* melakukan lebih dari sekedar menguraikan sampah; mereka juga membuat vitamin K. Vitamin K sangat penting untuk pembekuan darah yang

baik. Sisa makanan usus besar sebagian besar adalah air. Sebagian besar air diserap kembali ke usus besar karena tubuh merasa haus. Usus besar berperan penting dalam tubuh dengan menyerap kembali air yang hilang. Anus merupakan tempat keluarnya kotoran yang terbentuk dari sisa-sisa makanan yang telah dicerna. Buang air besar mengacu pada pelepasan limbah yang disengaja. (Ni Nyoman Budiani, S.SiT, M.Biomed dan Ni Nyoman Sumiasih, SKM, 2016).

4.3 Perkemihan

Susunan anatomi sistem perkemihan



Gambar 4.14: Anatomi Sistem Perkemihan

4.3.1. Ginjal

Ginjal memainkan peran penting dalam mengatur jumlah cairan dalam tubuh. Volume cairan, keseimbangan osmotik, asam basa, ekskresi sisa metabolisme, hormonal, dan sistem pengaturan metabolisme hanyalah beberapa dari sekian banyak proses yang dikontrol ginjal untuk menjaga tubuh dalam homeostatis (Syaifuddin, 2012). Ginjal terletak di bagian belakang abdomen atas, di belakang peritonium, di depan dua kosta terakhir dan tiga otot-otot besar transversus abdominalis, kuadratus lumborum dan psoas mayor. Ginjal dipertahankan dalam posisi tersebut oleh bantalan lemak yang tebal. Disebelah

posterior dilindungi oleh kosta dan otot-otot yang meliputi kosta, sedangkan di anterior dilindungi oleh bantalan usus yang tebal.

Di punggung atas, di belakang peritoneum dan dua tulang rusuk terakhir, dan di depan otot transversus abdominalis, quadratus lumborum, dan psoas mayor, adalah tempat ditemukannya ginjal. Bantalan lemak yang tebal membantu menjaga ginjal tetap pada tempatnya. Tulang rusuk dan otot yang mengelilingi tulang rusuk melindungi tulang belakang dari belakang, sedangkan bantalan usus yang tebal melindungi tulang belakang dari depan. Ginjal terbungkus dalam kapsul tunika fibrosa yang cukup kuat. Permukaan ginjal, setelah kapsul dikeluarkan, halus dan berwarna merah tua. Hilum, yang meluas ke daerah tengah yang dikenal sebagai sinus ginjal bagian atas panggul ginjal, dapat dilihat dengan membuat sayatan vertikal dari ginjal melalui lanugi lateral hingga batas medial.

Ada bagian utama pada ginjal:

1. Bagian medula yang paling dekat dengan otak. Terdapat 8-16 piramida ginjal pada bahan medula, masing-masing dengan dasar sejajar dengan panjang ginjal dan puncaknya mengarah ke sinus ginjal.
2. Lapisan kortikal yang menghadap dunia luar. Bahan kortikal berwarna coklat kemerahan, dan mempunyai struktur granular yang lembut. Kolom ginjal adalah bagian dalam piramida yang berada tepat di bawah tunika fibrosa dan membengkok di sekitar dasar piramida di sebelah sinus ginjal.

Ginjal membantu tubuh dalam beberapa cara:

1. Ia mengontrol jumlah cairan (air) dalam tubuh. Jika terdapat terlalu banyak air dalam tubuh, ginjal akan mengeluarkannya dalam bentuk urin encer. Jika air dalam tubuh terlalu sedikit (akibat keringat berlebih), ginjal akan mengeluarkan urin dengan konsentrasi lebih tinggi.
2. Menjaga keseimbangan elektrolit yang sehat dengan mengontrol tekanan osmotik dan konsentrasi ion dalam plasma darah. Ginjal akan meningkatkan ekskresi ion-ion penting (seperti Na, K, Cl, Ca, dan fosfat) jika terjadi penyimpangan asupan atau ekskresi ion akibat

- konsumsi garam berlebihan atau gangguan perdarahan (diare, muntah).
3. Metabolisme protein makanan menghasilkan urin yang agak asam, dengan pH kurang dari 6, yang berkontribusi terhadap pengaturan keseimbangan asam-basa cairan tubuh. Vegetarian cenderung memiliki urin yang lebih basa. Kebanyakan urin memiliki pH antara 4,8 dan 8. Sebagai respons terhadap fluktuasi pH darah, ginjal memproduksi urin.
 4. Penghapusan racun, obat-obatan, produk sampingan metabolisme hemoglobin, dan pestisida, serta produk sisa metabolisme lainnya (urea, asam urat, dan kreatinin).
 5. Hormon dan proses metabolisme. Untuk proses pembentukan sel darah merah (eritropoiesis), ginjal melepaskan hormon renin yang berperan penting dalam mengendalikan tekanan darah (sistem renin angiotensin aldosteron).

4.3.2 Ureter

Urin mengalir dari ginjal melalui ureter dan masuk ke kandung kemih. Ureter mengalir ke kandung kemih dari panggul ginjal. Dari segi ukuran, diameternya 0,5 cm dan panjang 25-30 cm. Ureter memasuki kandung kemih melalui cawan ginjal yang kaku setelah melewati dasar panggul.

Ureter terdiri dari tiga lapisan: lapisan luar jaringan ikat (jaringan fibrosa), lapisan tengah otot polos, dan lapisan mukosa bagian dalam. Ureter dipersarafi oleh neuron simpatis yang berasal dari daerah T11-L2 pleksus hipogastrik inferior. Lapisan peristaltik pada dinding ureter mendorong urin ke dalam kandung kemih (kandung kemih) kira-kira setiap 5 menit sekali. Ginjal mengeluarkan urin dalam bentuk jet melalui gerakan peristaltik, yang mengalir melalui ostium uretra dan masuk ke kandung kemih. Pektodinium melapisi ureter saat turun secara vertikal di dalam fasia otot psoas. Ureter menyempit saat meninggalkan panggul ginjal, area yang kaya akan saraf sensorik dari pembuluh darah, saraf, dan arteri di sekitarnya.

Ureter pada laki-laki dan perempuan

Pada pria, ureter ditemukan di visura seminalis atas, tempat duktus deferens melintasinya dan leksus vesikalis mengelilinginya. Setelah ini, ureter

melengkung ke samping sejauh 2 sentimeter di dalam dinding kandung kemih, pada sudut lateral trigonum kandung kemih. Sisi atas dan bawah ureter menutup ketika memasuki kandung kemih, membentuk katup (valvula) untuk menjaga agar urin tidak kembali ketika kandung kemih penuh.

Untuk mencapai fundus kandung kemih, ureter wanita dimulai di belakang fossa ovarium dan berjalan ke medial dan anterior ke bagian lateral serviks bagian atas, melalui vagina. Arteri uterina sepanjang 2,5 cm berjalan melintasi ureter sebelum melintasinya dan berlanjut ke atas di antara lapisan ligamen lebar. Dua sentimeter ke salah satu sisi leher rahim adalah tempat ureter berada. Diameter ureter terkecil pada sambungan ureter panggul (sekitar 2 mm), terbesar pada sambungan pembuluh darah iliaka (sekitar 4 mm), dan terkecil lagi sesaat sebelum memasuki kandung kemih (sekitar 1-5 mm).

4.3.3 Kandung Kemih

Kandung kemih dan kandung kemih keduanya merupakan nama untuk organ yang sama. Kandung kemih adalah kantung berongga yang volumenya dapat diubah dengan meregangkan dan mengontraksikan otot polos yang melapisi dindingnya. Ureter secara teratur mengalirkan urin yang terkumpul ke kandung kemih. Urine (200-400 cc) disimpan di organ ini. Lapisan otot tebal menutupi dinding. Opubis diposisikan di belakangnya. Bila penuh berbentuk telur (bulat telur), namun bila kosong berbentuk piramidal. Simfisis pubis menyembunyikan puncak kandung kemih. Kandung kemih memiliki dua tugas utama: (1) menyimpan urin dan (2) mengeluarkannya dari tubuh.

4.3.4 Uretra

Urin dibuat di ginjal, dikeluarkan melalui ureter, dan dikumpulkan di kandung kemih sebelum dikirim keluar tubuh melalui uretra. Urin dikeluarkan dari tubuh melalui uretra, saluran kecil yang memanjang dari kandung kemih. Uretra pria memiliki panjang sekitar 20 sentimeter, dimulai dari prostat dan berlanjut melalui lapisan fibrosa hingga tulang kemaluan. Dari sana, ia berpindah ke penis. Uretra prostarial, uretra membranosa, dan uretra kavernosa adalah tiga uretra yang ditemukan pada pria. Mukosa merupakan lapisan paling dalam pada uretra pria, yang terdiri dari dua lapisan.

Panjangnya kira-kira 3-4 cm, uretra wanita berasal tepat di bawah simfisis pubis dan sedikit miring ke atas. Uretra merupakan lubang pada dinding depan vagina yang miring ke bawah dan ke depan, terletak di belakang simfisis.

Uretra wanita mempunyai tiga lapisan: lapisan luar tunika muskularis, lapisan pleksus vena spons, dan lapisan mukosa. Urin keluar dari tubuh wanita saat buang air kecil melalui uretra, yang terbuka antara klitoris dan vagina di daerah panggul bagian atas. Diafragma urogenital dan bukaan eksternal hanya berjarak 2,5 cm di luar kelenjar klitoris.

4.3.5 Mekanisme Transpor Urin pada Ginjal dan Kandung Kemih

Komposisi urin tidak berubah secara signifikan saat mengalir dari ginjal ke kandung kemih melalui kaliks ginjal dan ureter; urin yang diproduksi di kandung kemih secara kimiawi identik dengan urin yang diproduksi di saluran pengumpul. Ketika urin memasuki kelopak ginjal dari saluran pengumpul, kelopak ginjal meregang dan aktivitas alat pacu jantungnya meningkat, memicu kontraksi peristaltik yang berjalan dari panggul ginjal ke ureter dan akhirnya keluar dari ginjal. Akibatnya, urin dialihkan dari panggul ginjal ke kandung kemih akibat penyakit ini. Dinding ureter terdiri dari otot polos dan dipersarafi oleh jaringan saraf dan serabut saraf yang membentang dari pleksus intramuskular sampai ke sumsum tulang belakang. Mirip dengan otot polos visceral lainnya, rangsangan parasimpatis memperkuat kontraksi peristaltik di ureter, sedangkan rangsangan simpatis melemahkannya.

Ureter memasuki kandung kemih di daerah trigonum melalui otot detrusor. Ureter biasanya memiliki jalur miring melalui kandung kemih yang memanjang beberapa milimeter. Saat kandung kemih terjepit, urine tidak bocor ke belakang karena otot detrusor di dinding kandung kemih biasanya berkontraksi dan menekan ureter. Tekanan di ureter meningkat seiring dengan setiap gelombang peristaltik yang mengalir ke bawah, memungkinkan urin mengalir ke kandung kemih melalui lubang di titik masuk ureter.

Refluks vesikoureter terjadi ketika sebagian urin di kandung kemih dipaksa kembali ke ureter karena panjang ureter yang masuk ke kandung kemih lebih pendek dari biasanya. Peningkatan tekanan pada kaliks ginjal dan struktur di medula ginjal mungkin disebabkan oleh refluks, yang selanjutnya dapat melebarkan ureter.

4.3.6 Proses Miksi (Rangsangan Berkemih)

Reseptor stres di dinding kandung kemih diaktifkan ketika kandung kemih diregangkan oleh urin hingga volume sekitar 250cc, yang cukup untuk

memicu berkemih. Hal ini memicu kontraksi refleksif pada dinding kandung kemih, yang bertepatan dengan relaksasi sfingter internal dan selanjutnya relaksasi sfingter eksternal, yang mengakibatkan pengosongan kandung kemih.

Serabut parasimpatis membawa sinyal yang menyempitkan kandung kemih dan mengendurkan sfingter internal. Sfingter eksternal mungkin berkontraksi secara sukarela untuk menghentikan atau mencegah berkemih. Kandung kemih, uretra, sumsum tulang belakang, dan saraf otak semuanya harus berfungsi agar kontrol sukarela semacam ini dapat dilakukan. Kerusakan pada saraf ini dapat menyebabkan inkontinensia urin (ketika cairan hilang dari tubuh tanpa disadari oleh orang tersebut) dan retensi urin.

Cabang torakolumbalis dan kranial dari sistem saraf otonom mengontrol persarafan kandung kemih dan aliran darah. Sfingter internal dikencangkan dan daerah toraks lumbal direlaksasi. Kandung kemih dibatasi oleh peritoneum sampai tempat masuknya ureter. Ketika kandung kemih penuh, peritoneum mungkin teregang menjadi lapisan lurus. Di bawah kandung kemih terdapat jaringan vena dan arteri vesikalis superior, keduanya dimulai dari tali pusat distal. Arteri umbilikalis adalah jalur yang dilalui pembuluh limfe menuju saluran limfatik.

4.3.7 Urine (Air Kemih)

Manusia memiliki pusat sistem saraf yang lebih tinggi yang dapat mengatur dan membatasi berkemih, suatu refleks yang biasanya terjadi secara otomatis. Kandung kemih dikosongkan akibat tekanan yang diciptakan oleh kontraksi otot perut dan tekanan yang diberikan oleh organ lain pada kandung kemih. Rata-rata 1-2 liter per hari, pemberian atau penerimaan tergantung asupan cairan. Tidak ada sedimen dan warnanya oranye terang.

Aromanya menyengat, dan respons terhadap lakmus agak asam, dengan pH sekitar 6.

1. Sifat-Sifat Air Kemih

Air kemih memiliki sifat-sifat sebagai berikut.

- a. Jumlah ekskresi dalam 24 jam \pm 1.500 cc tergantung dari masuknya (intake) cairan serta faktor lainnya.
- b. Warna bening muda dan bila dibiarkan akan menjadi keruh.

- c. Warna kuning tergantung dari kepekatan, diet obat-obatan dan sebagainya.
 - d. Bau khas air kemih bila dibiarkan terlalu lama maka akan berbau amoniak.
 - e. Berat jenis 1.015 – 1.020.
 - f. Reaksi asam bila terlalu lama akan menjadi alkalis, tergantung pada diet (sayur menyebabkan reaksi alkalis dan protein memberi reaksi asam).
2. Komposisi air kemih
- Ginjal menghasilkan cairan yang disebut urin, yang kemudian dikeluarkan dari tubuh melalui buang air kecil. Ginjal menyaring molekul limbah dari darah, dan keluaran urin diperlukan untuk menjaga keseimbangan cairan tubuh. Namun, ada juga sejumlah spesies yang mengandalkan bau urine untuk menyampaikan informasi satu sama lain. Ginjal bertanggung jawab untuk menyaring darah, sedangkan ureter dan kandung kemih bertanggung jawab untuk mengangkut urin ke uretra untuk dikeluarkan.
- Adapun komposisi air kemih terdiri dari:
- a. 95% air;
 - b. zat-zat sisa nitrogen dari hasil metabolisme protein asam urea, amoniak dan kreatinin;
 - c. elektrolit, natrium, kalsium, NH_3 , bikarbonat, fosfat dan sulfat;
 - d. pigmen (bilirubin, urobilin);
 - e. toksin; dan
 - f. hormon.
3. Mekanisme dan Tahapan Pembentukan Urine
- Pembentukan urine melalui tahapan proses filtrasi, reabsorpsi, dan augmentasi.
- a. Proses filtrasi
- Glomerulus melakukan fungsi filtrasi. Hal ini terjadi karena permukaan aferen yang menyerap darah lebih besar dibandingkan permukaan eferen yang mengeluarkannya. Sedangkan zat yang disaring meliputi bagian plasma darah yang bebas protein. Cairan

yang disaring, yang mengandung berbagai zat termasuk glukosa, air, garam, klorida, sulfat, bikarbonat, dan sebagainya, dikumpulkan dalam lingkaran Bowman dan kemudian dikirim ke seluruh ginjal.

b. Proses reabsorpsi

Semua atau hampir seluruh ion karbonat, serta sebagian besar glukosa, natrium, klorida, dan fosfat, diserap kembali selama proses reabsorpsi. Reabsorpsi obligor merupakan proses pasif yang terjadi di tubulus atas. Sedangkan jika diperlukan, penyerapan ion natrium dan karbonat akan dilanjutkan di tubulus ginjal bagian bawah. Sisanya diserap kembali secara aktif dalam proses yang disebut reabsorpsi fakultatif, dan pupil ginjal menerimanya.

c. Augmentasi (Pengumpulan)

Beberapa tubulus berbelit-belit distal terlibat dalam pergerakan menuju tubulus pengumpul ini. Urine masih dihasilkan melalui penyerapan ion Na^+ , Cl^- , dan urea di tubulus pengumpul. Ketika urin mencapai panggul ginjal, urin diangkut ke ureter melalui tubulus pengumpul. Kandung kemih (kandung kemih) menerima urin dari ureter dan menyimpannya sampai dibutuhkan. Ketika kandung kemih penuh, uretra digunakan untuk mengalirkan urin dari tubuh (Henri Puji Wahyuningsih, S.SiT., M.Keb dan Dr. Yuni Kusmiyanti., 2017).

Berdasarkan urin yang dihasilkan, memiliki ciri-ciri normal sebagai berikut.

1. Rata-rata dalam satu hari 1-2 liter, tapi berbeda-beda sesuai dengan jumlah cairan yang masuk.
2. Warnanya bening oranye tanpa ada endapan.
3. Baunya tajam.
4. PH rata-rata reaksinya adalah 6, sehingga agak asam terhadap lakmus. Sekitar 120-125 ml filtrat (cairan yang telah melewati celah filtrasi) dihasilkan dari sekitar 1200 ml darah yang mengalir melalui glomerulus per menit. Dimungkinkan untuk memproduksi antara 150 dan 180 liter filtrat setiap hari. Namun, hanya sekitar 1% (1,5 L) dari volume ini yang akhirnya dikeluarkan sebagai urin karena reabsorpsi.

Bab 5

Anatomi Fisiologi Sistem Reproduksi Pria dan Wanita

5.1 Pendahuluan

Reproduksi adalah karakteristik yang penting dari organisme hidup, dan sistem reproduksi pria dan wanita diperlukan bagi manusia untuk bereproduksi. Selain itu, bahkan pada individu yang tidak bereproduksi, sistem reproduksi memainkan peran penting.

Sistem reproduktif melakukan fungsi-fungsi berikut:

1. Gametogenesis

Gametogenesis adalah produksi gamet, yang merupakan sel reproduksi yang diproduksi di gonad. Gonad pria yaitu testis, yang merupakan tempat produksi sel sperma. Gonad wanita adalah ovarium, yang merupakan tempat produksi oosit (telur).

2. Pemupukan

Sistem reproduksi memungkinkan pembuahan oosit oleh sperma. Sistem saluran pada pria memelihara sel-sel sperma sampai mereka matang dan disimpan dalam saluran reproduksi wanita oleh penis.

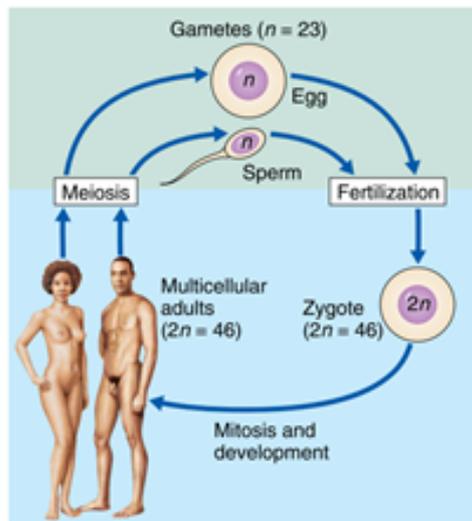
Sistem reproduksi wanita menerima sel-sel sperma dari pria dan menyediakan jalan bagi mereka ke tempat pembuahan.

3. Pengembangan dan pemeliharaan individu baru

Sistem reproduksi wanita memelihara janin yang sedang berkembang dalam rahim sampai lahir dan memberikan makanan (ASI) setelah lahir.

4. Produksi hormon reproduksi

Hormon yang diproduksi oleh sistem reproduksi mengontrol perkembangannya dan perkembangan tubuh spesifik jenis kelamin. Hormon-hormon ini juga penting untuk fungsi rutin sistem reproduksi dan untuk perilaku reproduksi.



Gambar 5.1: The Human Life Cycle (Marieb and Keller, 2018)

Fungsi biologis dari sistem reproduksi adalah untuk menghasilkan keturunan. Organ-organ penting adalah mereka yang memproduksi sel-sel germinal (testis pada pria dan ovarium pada wanita). Pria memproduksi sperma dan mengirimkannya ke saluran reproduksi perempuan. Wanita, pada gilirannya, menghasilkan telur. Jika waktunya tepat, sel telur dan sperma menyatu, menghasilkan sel telur yang dibuahi, (Marieb and Brito, 2018)

Sistem reproduksinya unik. Secara sederhana, fungsi biologisnya adalah untuk mengabadikan spesies. Peran reproduksi pria adalah untuk memproduksi sperma dan mengirimkannya ke saluran reproduksi wanita. Wanita, pada gilirannya, menghasilkan telur. Jika waktunya tepat, kombinasi sperma dan sel telur menghasilkan sel telur yang telah dibuahi. Setelah pembuahan terjadi, rahim wanita menyediakan lingkungan pengasuhan dan perlindungan di mana embrio, yang kemudian disebut janin, berkembang sampai lahir. (Marieb and Jackson, 2018)

5.2 Anatomi Fisiologi Reproduksi Pria

5.2.1 Skrotum

Skrotum dan penis merupakan alat kelamin eksternal pria dan menempati perineum. Ini adalah area berbentuk berlian antara paha yang dibatasi oleh simfisis pubis, tuberositas ischia, dan tulang ekor. Skrotum adalah kantong kulit, otot, dan kulit yang menjumbai, dan jaringan ikat fibrosa, mengandung testis. Kulit memiliki kelenjar sebaceous, rambut jarang, persarafan sensorik yang kaya, dan pigmentasi agak gelap daripada kulit di tempat lain. Jauh ke dalam kulit adalah lapisan otot polos dan jaringan ikat yang disebut dartos fascia; Ototnya disebut otot Dartos. Otot biasanya agak berkontraksi, memberikan kulit tekstur keriput. Skrotum dibagi menjadi kompartemen kanan dan kiri oleh septum median internal, yang mencegah infeksi dari satu testis menyebar ke yang lain. Testis kiri biasanya ditangguhkan lebih rendah dari kanan sehingga keduanya tidak dikompresi satu sama lain di antara paha. Untuk alasan apa pun testis manusia berada di skrotum, bagaimanapun, mereka sekarang beradaptasi dengan lingkungan yang lebih dingin ini dan tidak dapat menghasilkan sperma pada suhu inti tubuh 37°C ; mereka harus ditahan pada suhu sekitar 35°C .

Skrotum memiliki tiga mekanisme untuk mengatur suhu testis:

1. Kremaster

Ketika dingin, cremaster berkontraksi dan menarik testis lebih dekat ke tubuh agar tetap hangat. Ketika hangat, cremaster rileks dan testis ditangguhkan lebih jauh dari tubuh.

2. Otot dartos

Ini juga berkontraksi ketika dingin, dan skrotum menjadi kencang dan bahkan lebih keriput. Kekencangan skrotum membantu menahan testis dengan pas terhadap tubuh yang hangat dan mengurangi luas permukaan skrotum, sehingga mengurangi kehilangan panas.

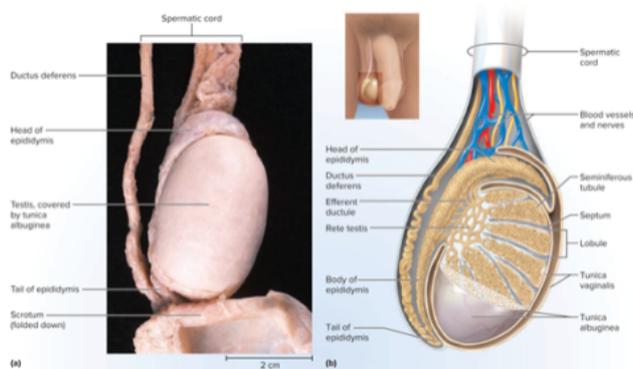
3. Pleksus pampiniform

Tanpa pleksus vena ini, darah arteri hangat akan memanaskan testis dan menghambat produksi sperma. Pleksus pampiniformis, bagaimanapun, mencegah hal ini dengan bertindak sebagai penukar panas berlawanan arus.

5.2.2 Testis

Testis (testis) adalah gabungan kelenjar endokrin dan eksokrin yang menghasilkan hormon seks dan sperma. Testis berbentuk oval dan agak pipih, panjang sekitar 4 cm, 3 cm dari anterior ke posterior, dan lebar 2,5 cm. Permukaan anterior dan lateralnya ditutupi oleh tunika vaginalis. Testis itu sendiri memiliki kapsul berserat putih yang disebut tunika Septa jaringan ikat memanjang dari kapsul ke parenkim, membaginya menjadi 250 hingga 300 lobulus berbentuk baji. Setiap lobulus berisi satu sampai tiga tubulus seminiferus saluran ramping hingga 70 cm panjang di mana sperma diproduksi. Di antara tubulus seminiferus adalah kelompok sel endokrin interstitial 16, sumber testosteron Tubulus seminiferus memiliki lumen sempit yang dilapisi oleh epitel germinal tebal.

Setiap testis disuplai oleh arteri testis yang muncul dari aorta perut tepat di bawah arteri ginjal. Ini adalah arteri yang sangat panjang dan ramping yang berkelok-kelok menuruni dinding perut posterior sebelum melewati kanalis inguinalis ke dalam skrotum. Tekanan darahnya sangat rendah, dan memang ini adalah salah satu dari sedikit arteri yang tidak memiliki denyut nadi. Akibatnya, aliran darah ke testis cukup sedikit dan testis menerima pasokan oksigen yang buruk. Menanggapi hal ini, sperma mengembangkan mitochondria yang luar biasa besar, yang dapat mengkondisikan mereka untuk bertahan hidup di lingkungan hipoksia saluran reproduksi wanita.



Gambar 5.2: Testis dan Struktur Terkait. (a) Skrotum dibuka dan dilipat ke bawah untuk mengungkapkan testis dan organ terkait. (b) Anatomi testis, epididimis, dan korda spermatika (Saladin, 2020).

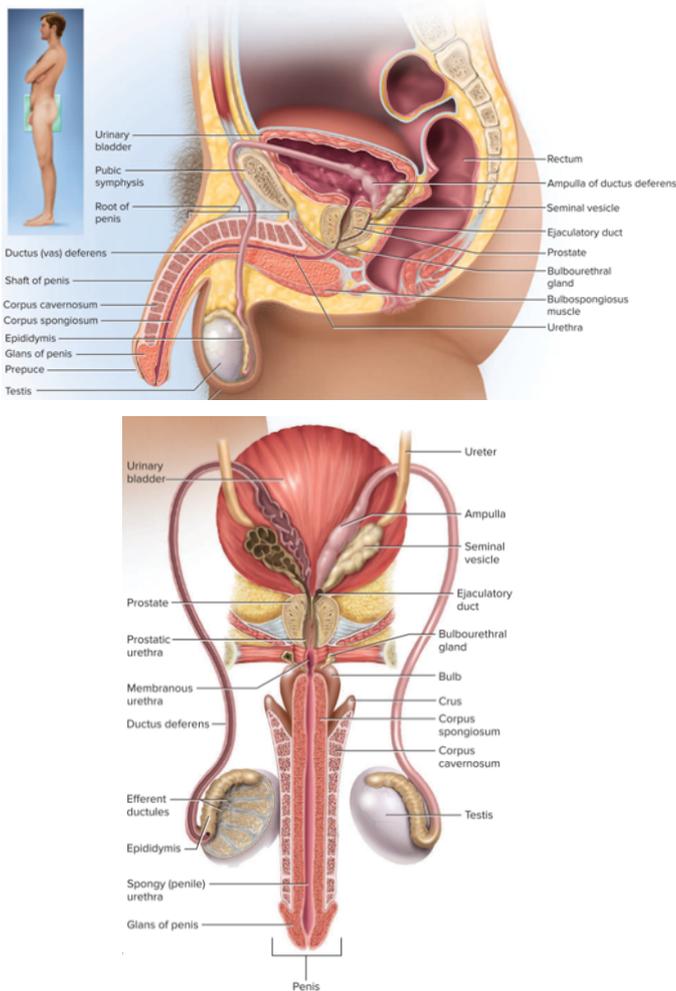
5.2.3 Saluran Spermatika

Setelah meninggalkan testis, sperma melakukan perjalanan melalui serangkaian saluran spermatis untuk mencapai uretra. Ini termasuk yang berikut:

1. Duktus eferen
Sekitar 12 duktus eferen kecil muncul dari sisi posterior testis dan membawa sperma ke epididimis.
2. Saluran epididimis
Epididimis adalah tempat pematangan dan penyimpanan sperma. Itu melekat pada sisi posterior testis.
3. Duktus deferens
Saluran epididimis meluruskan di ekor, berubah 180°, dan menjadi duktus deferens, juga disebut vas deferens (dari mana muncul istilah vasektomi). Ini adalah tabung berotot dengan panjang sekitar 45 cm dan diameter 2,5 mm.
4. Saluran ejakulasi
Di mana duktus deferens dan saluran vesikula seminalis bertemu, mereka membentuk saluran ejakulasi pendek (2 cm), yang melewati

prostat dan bermuara di uretra. Saluran ejakulasi adalah yang terakhir dari saluran spermatika.

Uretra pria dibagi oleh sistem reproduksi dan kemih. Panjangnya sekitar 18 cm dan terdiri dari tiga wilayah: uretra prostat, membranosa, dan spons (penis).



Gambar 5.3: Sistem Reproduksi Pria. (a) Bagian Sagittal. Bandingkan foto di atlas B, gambar B.14a. (b) Tampilan posterior (Saladin, 2020)

5.2.4 Kelenjar Aksesoris

Ada tiga set kelenjar aksesoris dalam sistem reproduksi pria — vesikula seminalis, prostat, dan kelenjar bulbourethral:

1. Vesikel seminalis (kelenjar mani) adalah sepasang kelenjar posterior ke kandung kemih;
2. Prostat mengelilingi uretra dan saluran ejakulasi segera lebih rendah dari kandung kemih. Ukurannya sekitar $2 \times 4 \times 3$ cm dan merupakan agregat dari 30 sampai 50 kelenjar tubuloacinar senyawa tertutup dalam kapsul berserat tunggal.
3. Kelenjar *bulbourethral* diberi nama untuk posisi mereka di dekat bola melebar di ujung bagian dalam penis dan asosiasi mereka dengan uretra. Mereka kecoklatan, kelenjar bulat berdiameter sekitar 1 cm, dengan saluran 2,5 cm ke uretra. Selama gairah seksual, mereka menghasilkan ejakulasi, cairan licin bening yang melumasi kepala penis dalam persiapan untuk hubungan seksual.

5.2.5 Penis

Penis berfungsi untuk menyimpan air mani di vagina. Setengah dari itu adalah akar internal dan setengah adalah poros dan kelenjar yang terlihat secara eksternal. Kelenjar adalah kepala yang diperluas di ujung distal penis dengan lubang uretra eksternal di ujungnya. Bagian luar penis memiliki panjang sekitar 8 sampai 10 cm (3-4 in.) dan diameter 3 cm saat lembek (tidak ereksi); Ukuran khas penis yang ereksi adalah panjang 13 sampai 18 cm (5-7 in.) dan diameter 4 cm. Uretra melewati bagian bawahnya, lebih jelas ventral, setengah. Terminologi terarah pada penis manusia mengikuti konvensi yang sama seperti mamalia lainnya, meskipun postur bipedal kita dan penis yang lebih terjumbai mengubah hubungan anatomi ini. Kulit longgar melekat pada batang penis, memungkinkan untuk gerakan dan ekspansi selama erek

5.2.6 Pubertas dan Remaja

Definisi pubertas dan remaja bervariasi. Masa remaja adalah periode waktu yang lebih luas termasuk pubertas dan meluas sampai seseorang mencapai dewasa penuh., pada masa ini terjadi peningkatan kadar testosteron dan

dihidrotestosteron (DHT), dua androgen membawa banyak perubahan tubuh bagi semua orang yang telah mengalami masa remaja:

1. Mereka merangsang pertumbuhan organ seks. Tanda pubertas pertama yang terlihat biasanya pembesaran testis dan skrotum sekitar usia 13 tahun. Penis terus tumbuh selama sekitar 2 tahun lagi setelah testis mencapai ukuran dewasa mereka. Secara internal, saluran dan kelenjar aksesori juga membesar.
2. Testosteron merangsang produksi sperma. Jika sekresi testosteron berhenti, jumlah sperma dan volume air mani menurun dengan cepat dan pria menjadi steril.

Testosteron merangsang ledakan pertumbuhan tubuh umum tulang tungkai memanjang dengan cepat, seorang anak pria tumbuh lebih tinggi, dan ia mengembangkan lebih banyak massa otot. Testosteron juga merangsang otak dan membangkitkan libido (dorongan seks) meskipun, mungkin mengejutkan, neuron mengubahnya menjadi estrogen, yang secara langsung memengaruhi perilaku. Dengan meningkatnya libido dan kepekaan terhadap rangsangan, ereksi sering terjadi dan ejakulasi sering terjadi selama tidur (emisi nokturnal, atau "mimpi basah").

3. DHT merangsang perkembangan rambut kemaluan, rambut aksila, dan kemudian rambut wajah. Kulit menjadi lebih gelap dan lebih tebal dan mengeluarkan lebih banyak sebum, yang sering menyebabkan jerawat; Pasien jerawat memiliki 2 sampai 20 kali tingkat normal DHT di kulit mereka. Kelenjar aroma apokrin dari daerah perineum, aksila, dan jenggot berkembang bersamaan dengan rambut di daerah tersebut.

5.2.7 Kontrol Hormonal Fungsi Reproduksi Pria

Testis mengeluarkan sejumlah besar testosteron pada trimester pertama (3 bulan) perkembangan janin. Bahkan dalam beberapa bulan pertama masa bayi, kadar testosteron hampir setinggi pada pertengahan pubertas, tetapi kemudian testis menjadi tidak aktif selama sisa masa bayi dan masa kanak-kanak. Masih belum diketahui mengapa pubertas dimulai pada usia 10 hingga 12 tahun tidak lebih awal. Tampaknya ada rem masa kanak-kanak pada sekresi hormon

pelepas gonadotropin (GnRH). Pelepasan dari pengekangan ini pada akhir masa kanak-kanak membawa sekresi GnRH. GnRH bergerak ke hipofisis anterior dan merangsang sel-sel yang disebut sel gonadotropik.

5.2.8 Produksi Sperma

Sekarang kita akan menghubungkan meiosis dengan spermatogenesis. Sel induk pertama yang secara khusus ditakdirkan untuk menjadi sperma adalah sel germinal primordial. Seperti sel-sel darah pertama, ini terbentuk di kantung kuning telur, membran yang terkait dengan embrio yang sedang berkembang. Pada minggu kelima hingga keenam perkembangan, mereka merangkak ke dalam embrio itu sendiri dan menjajah punggung gonad. Di sini mereka menjadi sel induk yang disebut spermatogonia. Mereka tetap tidak aktif sampai masa kanak-kanak, istirahat di sepanjang pinggiran tubulus seminiferus dekat membran basal, di luar penghalang darah-testis (BTB). Pada masa pubertas, sekresi testosteron meningkat, mengaktifkan kembali spermatogonia, dan membawa spermatogenesis.

5.2.9 Semen

Cairan yang dikeluarkan selama orgasme disebut air mani (cairan mani).

Ejakulasi khas mengeluarkan 2 sampai 5 mL air mani, terdiri dari sekitar 2% sampai 5% sperma dan sekresi saluran spermatika, 25% sampai 30% cairan prostat, 65% sampai 70% cairan vesikula seminalis, dan jejak cairan bulbourethral.

5.3 Anatomi Fisiologi Reproduksi

Wanita

Sistem reproduksi wanita lebih kompleks daripada pria karena melayani lebih banyak tujuan. Sedangkan pria hanya perlu memproduksi dan melahirkan gamet, perempuan harus melakukan ini serta menyediakan nutrisi dan pelabuhan yang aman untuk perkembangan janin, kemudian melahirkan dan memberi makan bayi. Selanjutnya, fisiologi reproduksi wanita lebih mencolok siklik, dan hormon wanita disekresikan dalam urutan yang lebih kompleks

dibandingkan dengan relatif stabil, sekresi simultan hormon pengatur pada pria.

5.3.1 Diferensiasi Seksual

Sistem reproduksi wanita jelas berbeda dari pria, tetapi seperti yang kita lihat sebelumnya, kedua jenis kelamin tidak dapat dibedakan selama 8 hingga 10 minggu pertama perkembangan.

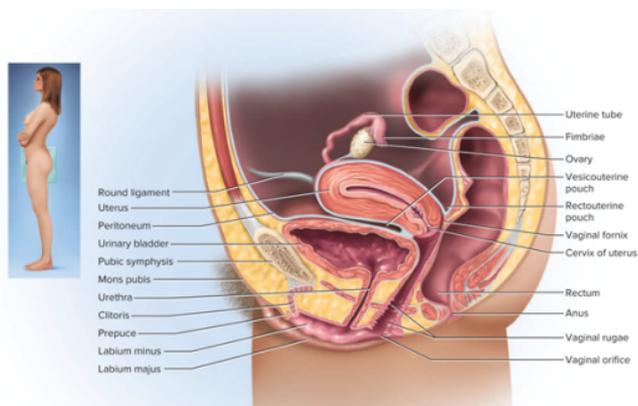
5.3.2 Alat Kelamin

Alat kelamin internal termasuk ovarium dan sistem saluran yang membentang dari sekitar setiap ovarium ke luar tubuh tabung rahim, rahim, dan vagina. Alat kelamin eksternal termasuk terutama klitoris, labia minora, labia majora, dan kelenjar subkutan terkait dan jaringan ereksi. Ini menempati perineum, yang didefinisikan oleh landmark kerangka yang sama seperti pada pria. Ovarium adalah organ seks primer, dan alat kelamin internal dan eksternal lainnya adalah organ seks sekunder

5.3.3 Ovarium

Gonad wanita adalah ovarium,¹ yang menghasilkan sel telur (ovum) dan hormon seks. Ovarium adalah organ berbentuk almond yang terletak di fossa ovarium, depresi di dinding panggul posterior. Ukurannya sekitar 3 cm, lebar 1,5 cm, dan tebal 1 cm. Kapsulnya, seperti testis, disebut tunika albuginea. Bagian dalam ovarium dibagi menjadi medula sentral dan korteks luar, tanpa batas tajam di antara mereka. Medula adalah inti dari jaringan ikat fibrosa yang ditempati oleh arteri dan vena terbesar di dalam ovarium. Korteks adalah tempat dari ribuan folikel ovarium. Sebuah folikel terdiri dari massa bulat sel-sel folikel kecil yang mengelilingi satu sel telur

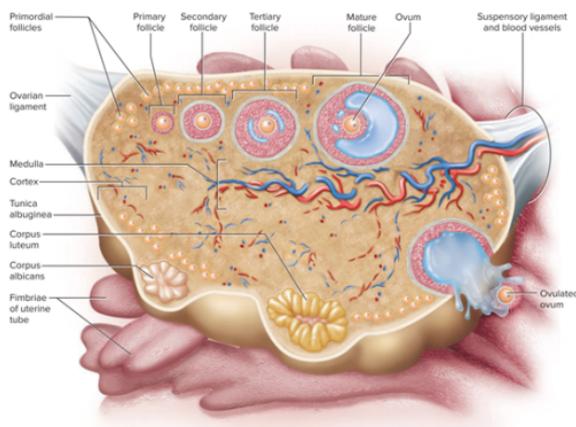
Beberapa ligamen jaringan ikat menahan ovarium dan alat kelamin internal lainnya di tempatnya. Ovarium menerima darah dari dua arteri: arteri ovarium, yang melewati ligamentum suspensori dan mendekati kutub lateral ovarium, dan cabang ovarium arteri uterus, yang melewati mesovarium dan mendekati kutub medial.



Gambar 5.4: Sistem Reproduksi Wanita (Saladin, 2020)

5.3.4 Tabung Rahim

Tabung Rahim juga disebut saluran telur atau tuba fallopiam, arekanal sekitar 10 cm panjang yang mengarah dari setiap ovarium ke rahim. Pada ujung distal (ovarium), tabung menjadi berbentuk terompet



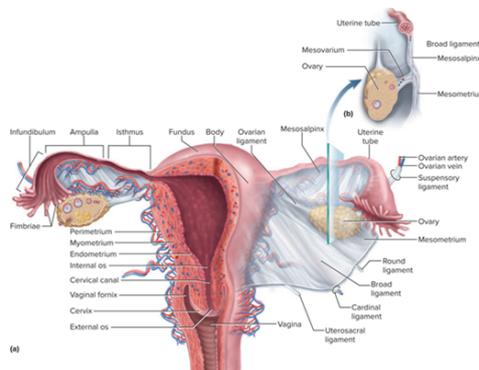
Gambar 5.5: Struktur Ovarium (Saladin, 2020).

Panah menunjukkan urutan perkembangan folikel ovarium; Mereka tidak dimaksudkan untuk menyiratkan bahwa folikel bermigrasi di sekitar ovarium. Folikel tidak ditarik ke skala; Memang folikel matang di bagian atas dan folikel ovulasi di kanan bawah memiliki diameter sekitar sama dengan seluruh

panjang ovarium 3 cm, dari ligamentum ovarium ke ligamentum suspensori, dan menonjol dari permukaan ovarium seperti lepuh besar (Saladin, 2020)

5.3.5 Uterus (Rahim)

Rahim adalah ruang otot tebal yang terbuka ke atas vagina dan biasanya miring ke depan di atas kandung kemih. Fungsinya untuk menampung janin, memeliharanya, dan mengeluarkan janin di akhir perkembangannya. Ini agak berbentuk buah pir, dengan kelengkungan superior yang luas yang disebut fundus, bagian tengah yang disebut tubuh, dan ujung inferior silinder yang disebut serviks. Rahim berukuran sekitar 7 cm dari serviks ke fundus, lebar 4 cm pada titik terluasnya di fundus, dan tebal 2,5 cm, tetapi agak lebih besar pada wanita yang telah hamil.



Gambar 5.6: Saluran reproduksi wanita dan ligamen suportif. (a) Pandangan posterior saluran reproduksi. (b) Hubungan tabung rahim dan ovarium dengan ligamen pendukung (Saladin, 2020)

Diucapkan "oz" atau "ose") dan pembukaannya ke dalam vagina adalah os eksternal. Saluran ini mengandung kelenjar serviks yang mengeluarkan lendir, diduga mencegah penyebaran mikroorganisme dari vagina ke dalam rahim. Menjelang waktu ovulasi, lendir menjadi lebih tipis dari biasanya dan memungkinkan perjalanan yang lebih mudah untuk sperma.

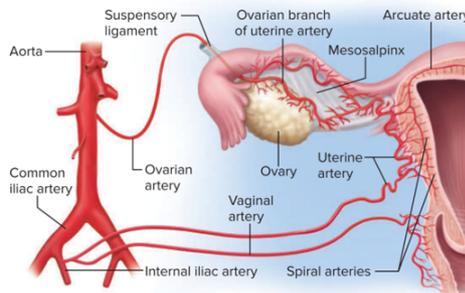
Dinding rahim Dinding rahim terdiri dari tiga lapisan. Lapisan terluar, perimetrium, adalah serosa tipis epitel skuamosa sederhana dan jaringan ikat longgar. Lapisan tengah dan paling tebal adalah miometrium, sekitar 1,25 cm tebal di rahim yang tidak hamil.

5.3.6 Ligamen uterus dan peritoneum

Rahim didukung oleh dasar otot panggul dan lipatan peritoneum yang membentuk ligamen pendukung di sekitar organ, seperti yang mereka lakukan untuk ovarium dan tabung rahim. Ligamentum yang luas memiliki dua bagian: mesosalpinx yang disebutkan sebelumnya dan mesometrium di setiap sisi rahim. Serviks dan bagian superior vagina didukung oleh ligamen kardinal (serviks lateral) yang memanjang ke dinding panggul. Sepasang ligamen uterosakral menempelkan sisi posterior uterus ke sakrum, dan sepasang ligamen bundar muncul dari permukaan anterior uterus, melewati kanalis inguinalis, dan berakhir di labia majora, seperti gubernaculum testis yang berakhir di skrotum. Ketika peritoneum terlipat di sekitar berbagai organ panggul, ia menciptakan beberapa ceruk dan kantong buntu (ekstensi rongga peritoneum). Dua yang utama adalah kantong vesikouterin, yang membentuk ruang antara rahim dan kandung kemih, dan kantong rektouterin antara rahim dan rektum.

5.3.7 Suplai Darah

Suplai darah rahim sangat penting untuk siklus menstruasi dan kehamilan. Arteri uterus muncul dari setiap arteri iliaka internal dan bergerak melalui ligamentum luas ke rahim. Ini mengeluarkan beberapa cabang yang menembus ke dalam miometrium dan menyebabkan arteri arkuata. Setiap arteri arkuata bergerak dalam lingkaran di sekitar rahim dan anastomosis dengan arteri arkuata di sisi lain.



Gambar 5.7: Suplai Darah ke Saluran Reproduksi Wanita. Arteri vagina, rahim, dan ovarium dibesar-besarkan panjangnya oleh perspektif gambar, memindahkan aorta menjauh dari rahim (Saladin, 2020)

5.3.8 Vagina

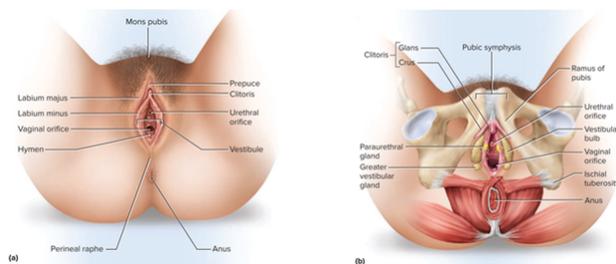
Vagina adalah tabung dengan panjang sekitar 8 sampai 10 cm yang memungkinkan keluarnya cairan menstruasi, penerimaan penis dan air mani, dan kelahiran bayi. Dinding vagina tipis tetapi mudah meregang. Ini terdiri dari adventitia luar, muscularis tengah, dan mukosa dalam. Vagina miring posterior antara uretra dan rektum; Uretra terikat pada dinding anteriornya. Vagina tidak memiliki kelenjar, tetapi dilumasi oleh rembesan cairan serosa melalui dindingnya (transudasi) dan oleh lendir dari kelenjar serviks di atasnya.

Ujung bawah vagina memiliki punggungan gesekan melintang, atau rugae vagina, yang berkontribusi pada rangsangan pria dan wanita selama hubungan seksual. Pada lubang vagina, mukosa terlipat ke dalam dan membentuk membran, selaput dara, yang membentang melintasi pembukaan. Selaput dara memiliki satu atau lebih bukaan untuk memungkinkan keluarnya cairan menstruasi. Hal ini sering robek selama masa kanak-kanak atau remaja oleh aktivitas fisik biasa, penggunaan tampon, atau pemeriksaan medis dengan spekulum, atau mungkin robek pada tindakan pertama hubungan seksual. Epitel vagina berbentuk kuboid sederhana di masa kanak-kanak, tetapi estrogen pubertas mengubahnya menjadi epitel skuamosa bertingkat. Ini adalah contoh metaplasia, transformasi dari satu jenis jaringan ke yang lain. Sel-sel epitel kaya akan glikogen. Bakteri memfermentasi ini menjadi asam laktat, yang menghasilkan pH vaginal rendah (sekitar 3,5-4,0) yang menghambat pertumbuhan patogen. Keasaman ini dinetralkan oleh air mani sehingga tidak membahayakan sperma.

5.3.9 Alat Kelamin Eksternal

Alat kelamin eksternal menempati sebagian besar perineum dan secara kolektif disebut vulva atau pudendum; Mereka termasuk Mons pubis, Labia majora dan Minora, klitoris, lubang vagina, dan kelenjar accessory dan jaringan ereksi. Struktur ini terletak dalam batas-batas anatomi. simfisis pubis anterior, tulang ekor posterior, dan tuberositas iskia lateral. Otot-otot dasar panggul di daerah ini sangat penting dalam kehamilan dan kebidanan dan dalam mendukung organ reproduksi internal. Mons pubis terutama terdiri dari gundukan anterior jaringan adiposa di atas simfisis pubis, bantalan sebagian besar rambut kemaluan). Labia majora (tunggal, labium majus) adalah sepasang lipatan tebal kulit dan jaringan adiposa yang lebih rendah dari mons; Celah di antara mereka adalah celah pudendal. Rambut kemaluan tumbuh di permukaan lateral labia majora saat pubertas, tetapi permukaan medial tetap tidak

berambut. Medial ke labia majora adalah labia minora yang jauh lebih tipis, sama sekali tidak berambut (tunggal, labium minus). Area yang tertutup oleh mereka, yang disebut ruang depan, berisi lubang kemih dan vagina. Klitoris terstruktur seperti penis dalam banyak hal. Fungsinya sepenuhnya sensorik, berfungsi sebagai pusat utama rangsangan seksual. tidak memiliki corpus spongiosum, dan tidak melampirkan uretra.



Gambar 5.8: Perineum Wanita. (a) Anatomi permukaan. (b) Struktur subkutan (Saladin, 2020)

5.3.10 Payudara dan Kelenjar Susu

Payudara adalah gundukan jaringan di atas otot pectoralis mayor. Ini membesar saat pubertas dan tetap demikian seumur hidup, tetapi sebagian besar waktu ini mengandung kelenjar susu yang sangat sedikit. Kelenjar susu berkembang di dalam payudara selama kehamilan, tetap aktif di payudara menyusui, dan atrofi ketika seorang wanita berhenti menyusui. Payudara memiliki dua daerah utama: tubuh kerucut hingga terjumbai, dengan puting di puncaknya, dan ekstensi ke arah ketiak yang disebut ekor aksila. Limfatik ekor aksila sangat penting sebagai rute metastasis kanker payudara. Puting dikelilingi oleh zona melingkar, areola, biasanya lebih gelap dari bagian payudara lainnya. Ketika seorang wanita menyusui, sekresi kelenjar areolar dan kelenjar sebaceous melindungi areola dan puting dari pecah-pecah dan retak. Dermis areola memiliki serat otot polos yang berkontraksi sebagai respons terhadap dingin, sentuhan, dan gairah seksual, mengerutkan kulit dan mendirikan puting. Secara internal, payudara yang tidak menyusui sebagian besar terdiri dari jaringan adiposa dan kolagen. Ukuran payudara ditentukan oleh jumlah jaringan adiposa

5.3.11 Oogenesis dan Siklus Seksual

Kehidupan reproduksi wanita sangat siklik. Mereka termasuk siklus reproduksi, yang mencakup urutan peristiwa dari pembuahan hingga melahirkan dan kembali ke keadaan kesuburan, dan siklus seksual, yang mencakup peristiwa yang berulang setiap bulan ketika kehamilan tidak campur tangan. Siklus seksual, pada gilirannya, terdiri dari dua siklus yang saling terkait dikendalikan oleh pergeseran pola sekresi hormon: siklus ovarium, konsisting peristiwa di ovarium, dan siklus menstruasi, terdiri dari perubahan paralel di rahim.

Sebelum kita menyelidiki siklus seksual 28 hari yang sudah dikenal, mari kita

1. Oogenesis Produksi telur disebut oogenesis

Oogenesis adalah peristiwa siklik jelas yang biasanya melepaskan hanya satu telur per bulan. Oogenesis disertai dengan perubahan siklik dalam sekresi hormon dan dalam struktur histologis ovarium dan rahim; Perubahan uterus menghasilkan aliran menstruasi bulanan. Oogenesis dimulai sebelum seorang gadis lahir.

2. Folikulogenesis

Saat telur mengalami oogenesis, folikel di sekitarnya mengalami folikulogenesis, melewati tahap-tahap berikut.

a. Folikel primordial

Folikel primordial berdiameter sekitar 40 μm .

b. Folikel primer

Sekitar 140 hari ke dalam siklus, folikel primordial yang direkrut telah menjadi folikel primer dengan diameter sekitar 100 μm .

c. Folikel sekunder

Ini muncul sekitar 170 hari ke dalam siklus, masih sekitar enam siklus menstruasi sebelum ovulasi.

d. Folikel tersier

Sekitar 60 hari (2 siklus menstruasi) sebelum ovulasi, sel-sel granulosa mulai mengeluarkan cairan folikel, yang menggenang di dinding folikel.

e. Folikel matang

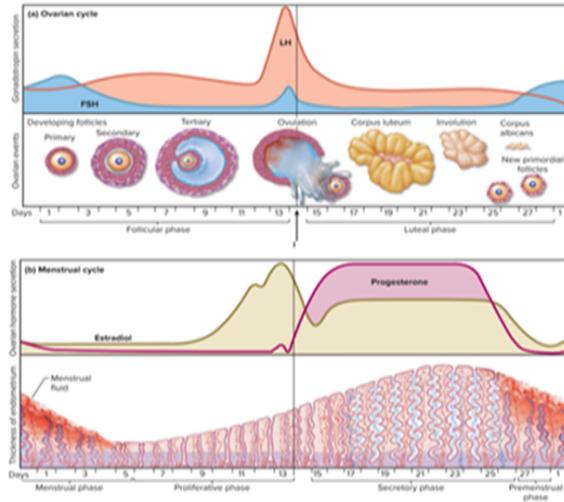
Biasanya hanya satu folikel dalam kohort setiap bulan menjadi folikel matang, ditakdirkan untuk berovulasi sementara sisanya merosot. Sekitar 20 hari sebelum ovulasi (yaitu, terlambat dalam siklus menstruasi sebelumnya), satu folikel dalam kohort dipilih untuk menjadi folikel dominan, untuk berovulasi. Ini menangkap dan menyita FSH, sementara folikel lain gagal mengakumulasi FSH dan perkembangannya melambat. Pada saat periode menstruasi wanita dimulai — hari 1 dari siklus di mana folikel ini akan berovulasi — folikel dominan berdiameter sekitar 5 mm dan 2 minggu lagi dari ovulasi

3. Siklus Seksual

Siklus seksual menghubungkan perubahan ini dalam sel telur dan folikel dengan ritme ovarium dan rahim siklus seksual. Siklus rata-rata berdurasi 28 hari, Ketika mempelajari siklus ini, ingatlah bahwa itu diatur oleh hipotalamo-hipofisis-ovarium: Hormon hipotalamus mengatur kelenjar hipofisis; hormon hipofisis mengatur ovarium; Dan ovarium, pada gilirannya, mengeluarkan hormon yang mengatur rahim. Artinya, hierarki dasar kontrol dapat diwakili: hipotalamus → hipofisis → ovarium → uterus. Namun, ovarium juga mengerahkan kontrol umpan balik positif dan negatif atas hipotalamus dan hipofisis, sehingga hubungan hormonal ini lebih seperti loop komunikasi daripada rantai komando garis lurus. Mari kita mulai dengan pratinjau singkat dari siklus seksual secara keseluruhan

4. Siklus Ovarium

Langkah utama yang terjadi di ovarium dan dalam hubungannya dengan hipotalamus dan kelenjar pituitari.



Gambar 5.9: Siklus Seksual Wanita. (a) Siklus ovarium (peristiwa di ovarium). (b) Siklus menstruasi (peristiwa di dalam rahim). Dua kadar hormon sebagian (a) ditarik ke skala yang sama, tetapi sebagian (b) tidak. Konsentrasi progesteron puncak adalah sekitar 17 kali lebih tinggi dari konsentrasi estradiol puncak (Saladin, 2020)

5. Siklus menstruasi

Siklus menstruasi berjalan bersamaan dengan siklus ovarium. Ini terdiri dari penumpukan endometrium melalui sebagian besar siklus seksual, diikuti oleh kerusakan dan keputihannya. Ini dibagi menjadi fase proliferaif, fase sekretori, fase pramenstruasi, dan fase menstruasi. Fase menstruasi rata-rata 5 hari, dan hari pertama keputihan yang terlihat didefinisikan sebagai hari 1 dari siklus seksual. Tetapi meskipun itu memulai jadwal buatan kita untuk siklus, menstruasi paling baik dipahami setelah Anda berkenalan dengan penumpukan jaringan endometrium yang mendahuluinya. Dengan demikian, kami memulai survei siklus kami dengan fase proliferasi.

a. Fase proliferaif

Lapisan fungsional jaringan endometrium yang hilang pada menstruasi terakhir dibangun kembali selama fase proliferasi.

Pada akhir menstruasi, sekitar hari ke 5, endometrium tebalnya sekitar 0,5 mm dan hanya terdiri dari lapisan basal. Tetapi ketika kohort folikel baru berkembang, mereka mengeluarkan lebih banyak estrogen. Estrogen merangsang mitosis di lapisan basal dan pertumbuhan kembali pembuluh darah yang produktif, sehingga meregenerasi lapisan fungsional. Pada hari ke 14, endometrium setebal 2 hingga 3 mm. Estrogen juga merangsang sel-sel endometrium untuk menghasilkan reseptor progesteron, priming mereka untuk fase sekresi yang didominasi progesteron untuk mengikuti.

b. Fase sekretori

Endometrium menebal masih lebih selama fase sekretori, tetapi sebagai akibat dari sekresi dan akumulasi cairan daripada mitosis. Fase ini meluas dari hari ke 15 (setelah ovulasi) ke hari ke 26 dari siklus yang khas. Setelah ovulasi, korpus luteum mengeluarkan terutama progesteron. Hormon ini merangsang kelenjar endometrium untuk mengeluarkan glikogen. Kelenjar tumbuh lebih lebar, lebih panjang, dan lebih melingkar, dan lamina propria membengkak dengan cairan jaringan. Pada akhir fase ini, endometrium setebal 5 hingga 6 mm tempat tidur yang lembut, basah, bergizi tersedia untuk perkembangan embrio jika terjadi kehamilan.

c. Fase pramenstruasi

2 hari terakhir atau lebih dari siklus adalah fase pramenstruasi, periode degenerasi endometrium. Seperti yang telah kita lihat, ketika tidak ada kehamilan, atrofi korpus luteum dan tingkat progesteron turun tajam. Penurunan progesteron memicu kontraksi spasmodik arteri spiral endometrium, menyebabkan iskemia endometrium (aliran darah terganggu). Oleh karena itu, fase pramenstruasi juga disebut fase iskemik. Kurangnya aliran darah menyebabkan kematian jaringan endometrium di lapisan fungsional. Kejang arteri di miometrium yang lebih dalam bertanggung jawab atas kram menstruasi, karena setiap otot yang

kehilangan aliran darah terasa sakit, dan rahim sebagian besar adalah otot. Ketika kelenjar endometrium, stroma, dan pembuluh darah merosot, genangan darah menumpuk di lapisan fungsional. Endometrium nekrotik jatuh jauh dari dinding rahim, bercampur dengan darah dan cairan serosa di lumen, dan membentuk cairan menstruasi.

d. Fase menstruasi

Ketika cairan menstruasi yang cukup menumpuk di rahim, ia mulai dikeluarkan dari vagina untuk periode yang disebut fase menstruasi (menstruasi). Hari pertama pelepasan menandai hari 1 dari siklus baru. Rata-rata wanita mengeluarkan sekitar 40 mL darah dan 35 mL cairan serosa selama periode 5 hari. Cairan menstruasi mengandung fibrinolysin, sehingga tidak menggumpal. Keputihan darah beku dapat mengindikasikan patologi uterus daripada menstruasi normal. Menstruasi melepaskan lapisan fungsional endometrium, sekali lagi hanya menyisakan lapisan basal. Untuk meringkas siklus seksual wanita, ovarium melewati fase folikel yang ditandai dengan pertumbuhan folikel, kemudian ovulasi, dan kemudian fase postovulasi (kebanyakan luteal) yang didominasi oleh corpus luteum. Rahim, sementara itu, melewati fase menstruasi di mana ia melepaskan lapisannya; kemudian fase proliferasi di mana ia menggantikan jaringan itu dengan mitosis; kemudian fase sekretori di mana endometrium menebal oleh akumulasi sekresi; dan akhirnya, fase pramenstruasi (iskemik) di mana lapisan fungsional rusak lagi. Paruh pertama siklus diatur sebagian besar oleh *Follicle-Stimulating Hormone* (FSH) dari kelenjar pituitari dan estrogen dari ovarium. Ovulasi dipicu oleh *Hormon Luteinizing* (LH) dari hipofisis, dan paruh kedua siklus diatur terutama oleh LH dan progesteron, yang terakhir disekresikan oleh korpus luteum ovarium

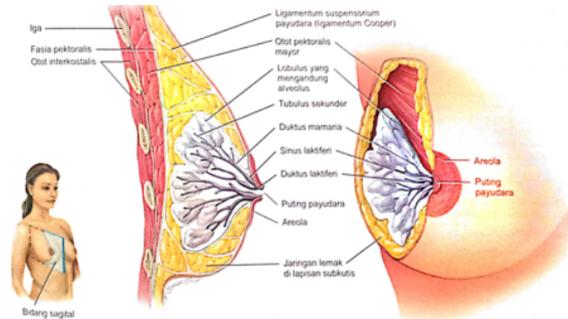
Bab 6

Anatomi Fisiologi Payudara, Persalinan dan Nifas

6.1 Anatomi Fisiologi Payudara

Payudara adalah tonjolan setengah bola dengan ukuran bervariasi di anterior dari otot pektoralis mayor dan seratus anterior serta melekat pada otot-otot tersebut melalui satu lapisan fascia yang terdiri dari jaringan ikat tak teratur padat. Payudara terdiri dari: 1) Puting payudara (tonjolan berpigmen), yang memiliki serangkaian lubang duktus yang saling berdekatan disebut duktus laktiferi, yaitu tempat keluarnya air susu; 2) Areola, yaitu daerah kulit melingkar berpigmen yang mengelilingi puting payudara. Bagian ini tampak kasar karena mengandung kelenjar-kelenjar sebacea (minyak) modifikasi; 3) Di antara kulit dan fascia berjalan untaian jaringan ikat yang disebut ligamentum suspensorium payudara (ligamentum Cooper) yang berfungsi menopang payudara. Ligamentum-ligamentum ini dapat menjadi kendur seiring usia atau akibat tarikan berlebihan, misalnya pada jogging jangka panjang atau aerobik high-impact. Menggunakan bra penopang dapat memperlambat proses ini dan membantu mempertahankan kekuatan ligamentum *suspensorium*.

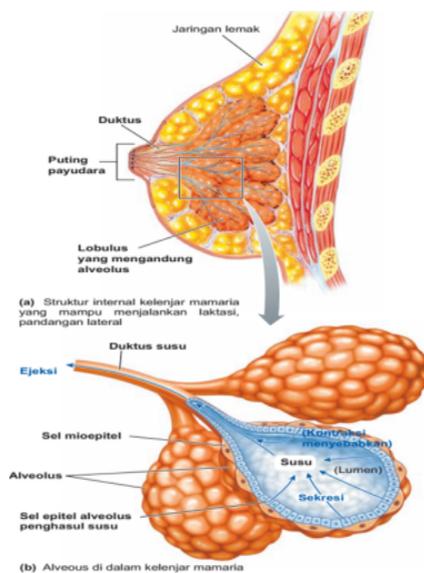
Dalam payudara terdapat kelenjar mamaria, yaitu suatu kelenjar sudorifera (keringat) modifikasi yang menghasilkan susu (Gambar 6.1). Kelenjar mamaria terdiri dari 15 sampai 20 lobus. Pada lobus terdapat beberapa kompartemen lebih kecil yang disebut lobulus, terdiri dari kelompok-kelompok kelenjar penghasil susu berbentuk anggur, disebut alveolus yang terbenam dalam jaringan ikat. Kontraksi sel mioepitel yang mengelilingi alveolus membantu susu terdorong ke arah puting payudara. Pada saat diproduksi, susu mengalir dari alveolus ke serangkaian tubulus sekunder dilanjutkan ke duktus mamaria. Dekat puting, duktus mamaria melebar untuk membentuk sinus-sinus yang disebut sinus laktiferi, tempat sebagian susu disimpan sebelum mengalir ke duktus laktiferi. Masing-masing duktus laktiferi menyalurkan susu dari salah satu lobus ke eksterior. Fungsi kelenjar mamaria adalah sintesis, sekresi, dan ejskasi susu; Fungsi-fungsi tersebut disebut laktasi. Produksi susu dirangsang terutama oleh hormon prolaktin dari hipofisis anterior, dengan kontribusi dari progesteron dan estrogen. Ejskasi susu dirangsang oleh oksitosin, yang dikeluarkan dari hipofisis posterior sebagai respons terhadap penghisapan puting payudara ibu oleh bayi.



Gambar 6.1: Kelenjar Mamaria dalam Payudara (Tortora and Derrickson, 2011)

Selama kehamilan, kelenjar mamaria mengembangkan struktur dan fungsi kelenjar internal yang diperlukan untuk menghasilkan susu. Payudara yang mampu menghasilkan susu memiliki anyaman duktus yang semakin kecil yang bercabang dari puting payudara dan berakhir di lobulus (Gambar 6.1a). Susu dibentuk oleh sel epitel dan kemudian disekresikan ke dalam lumen alveolus, lalu dialirkan oleh duktus pengumpul susu yang membawa susu ke permukaan puting payudara (Gambar 6.1b).

Selama kehamilan, kadar estrogen tinggi mendorong perkembangan ekstensif duktus, sementara kadar progesteron tinggi merangsang pembentukan alveolus-lobulus. Peningkatan konsentrasi prolaktin dan *human Chorionic Somatomammotropin* (hCS, suatu hormon plasenta yang memiliki struktur serupa dengan hormon pertumbuhan dan prolaktin) juga ikut berperan dalam perkembangan kelenjar mamaria dengan menginduksi sintesis enzim-enzim yang dibutuhkan untuk memproduksi ASI. Ukuran kelenjar hipofisis selama kehamilan meningkat dua atau tiga kali lipat akibat peningkatan jumlah sel penyekresi prolaktin yang diinduksi oleh estrogen. Prolaktin dan hCS juga memicu perkembangan janin dengan merangsang produksi faktor-faktor pertumbuhan serupa insulin (insulin-like growth factors), IGF-1 dan IGF II (Sherwood, 2013).



Gambar 6.2: Anatomi Kelenjar Mamaria dan Pembentukan ASI (Sherwood, 2013)

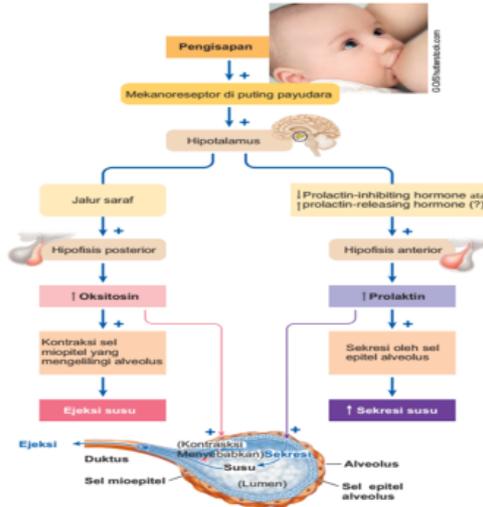
Perubahan di payudara, sebagian besar terjadi selama paruh pertama kehamilan sehingga pada pertengahan kehamilan kelenjar mamaria mampu memproduksi ASI. Tetapi, susu tidak disekresikan hingga persalinan. Konsentrasi estrogen dan progesteron yang tinggi selama paruh terakhir kehamilan mencegah laktasi dengan menghambat efek stimulatori prolaktin pada sekresi ASI. Prolaktin adalah perangsang utama sekresi ASI. Karena itu,

meskipun steroid-steroid plasenta berkadar tinggi tersebut merangsang perkembangan perangkat penghasil ASI di payudara, hormon-hormon ini juga mencegah kelenjar mamaria bekerja hingga bayi lahir dan susu dibutuhkan. Penurunan mendadak estrogen dan progesteron akibat keluarnya plasenta saat persalinan memicu laktasi.

Produksi ASI dimulai setelah melahirkan, hormon yang berperan penting untuk mempertahankan laktasi adalah: 1) Prolaktin, yang meningkatkan sekresi susu, dan 2) Oksitosin, yang menyebabkan ejeksi susu. Ejeksi susu, atau milk letdown, merujuk duktus. Pelepasan kedua hormon ini dirangsang oleh refleks neuroendokrin yang dipicu oleh pengisapan (Gambar 6.3) (Sherwood, 2013).

1. Pelepasan oksitosin dan ejeksi susu.

Bayi tidak dapat secara langsung menghisap susu keluar dari lumen alveolus. ASI harus secara aktif diperas keluar dari alveolus masuk ke duktus dan, ke arah puting payudara, oleh kontraksi sel-sel mioepitel khusus (sel epitel yang mirip otot polos) yang mengelilingi setiap alveolus. Pengisapan payudara oleh bayi merangsang ujung saraf sensorik di puting, menimbulkan potensial aksi yang merambat naik melalui korda spinalis ke hipotalamus. Setelah diaktifkan, hipotalamus memicu pengeluaran oksitosin dari hipofisis posterior. Oksitosin merangsang kontraksi sel mioepitel di payudara untuk menyebabkan ejeksi susu. Ejeksi susu ini hanya berlanjut selama bayi menyusui. Dengan cara ini, refleks ejeksi susu menjamin bahwa payudara mengeluarkan susu hanya ketika diperlukan dan dalam jumlah yang dibutuhkan oleh bayi. Meskipun alveolus penuh susu, susu tersebut tidak dapat dikeluarkan tanpa oksitosin. Namun, refleks ini dapat terkondisi oleh rangsangan di luar isapan. Misalnya, tangisan bayi dapat memicu ejeksi susu, menyebabkan susu keluar dari puting. Sebaliknya, stres psikologis, yang bekerja melalui hipotalamus, dapat dengan mudah menghambat ejeksi susu. Karena itu, sikap positif terhadap menyusui dan lingkungan yang santai merupakan hal yang esensial bagi keberhasilan proses menyusui.



Gambar 6.3: Refleks Pengisapan (Sherwood, 2013)

2. Pelepasan prolaktin dan sekresi susu.

Pengisapan tidak saja memicu pelepasan oksitosin, tetapi juga merangsang produksi prolaktin. Pengeluaran prolaktin oleh hipofisis anterior dikontrol oleh dua sekresi hipotalamus: *Prolactin-Inhibiting Hormone* (PIH) dan *Prolactin-Releasing Hormone* (PRI-1). PIH diketahui sebagai dopamin, yang juga berfungsi sebagai *neurotransmitter* di otak. Sifat kimiawi PRH belum diketahui dengan pasti, tetapi para ilmuwan mencurigai PRH sebagai oksitosin yang dikeluarkan oleh hipotalamus ke dalam sistem porta hipotalamus-hipofisis untuk merangsang sekresi prolaktin oleh hipofisis anterior. Peran oksitosin ini berbeda dari peran oksitosin yang diproduksi oleh hipotalamus dan disimpan di hipofisis posterior. Sepanjang kehidupan seorang wanita, PIH memiliki pengaruh dominan sehingga konsentrasi prolaktin normalnya tetap rendah. Selama laktasi, setiap kali bayi mengisap terjadi letupan sekresi prolaktin. Impuls-impuls aferen yang dipicu di puting payudara oleh pengisapan dibawa oleh korda spinalis ke hipotalamus. Refleks ini akhirnya menyebabkan pelepasan prolaktin oleh hipofisis anterior, meskipun belum jelas

apakah ini disebabkan oleh inhibisi sekresi PIH, atau stimulasi PRH, atau keduanya. Prolaktin kemudian bekerja pada epitel alveolus untuk mendorong sekresi susu untuk menggantikan susu yang keluar.

Stimulasi secara bersamaan ejeksi dan produksi susu oleh isapan memastikan bahwa kecepatan produksi susu seimbang dengan kebutuhan bayi terhadap susu. Semakin sering bayi menyusu, semakin banyak susu yang keluar melalui ejeksi dan semakin banyak susu yang diproduksi untuk pemberian berikutnya. Selain prolaktin, yaitu faktor terpenting yang mengontrol sintesis susu, paling tidak terdapat empat hormon lain yang esensial atas peran permisif mereka dalam produksi susu: kortisol, insulin, hormon paratiroid, dan hormon pertumbuhan (Sherwood, 2013).

6.2 Persalinan

Proses persalinan dan kelahiran melibatkan lebih dari sekedar kelahiran bayi baru lahir. Banyak peristiwa fisiologis dan psikologis terjadi yang pada akhirnya mengakibatkan kelahiran bayi baru lahir dan pembentukan atau perluasan keluarga.

6.2.1 Definisi Persalinan

Persalinan normal merupakan suatu proses pengeluaran bayi dengan usia kehamilan yang cukup, letak memanjang atau sejajar sumbu badan ibu, presentasi belakang kepala, keseimbangan diameter kepala bayi dan panggul ibu, serta dengan tenaga ibu sendiri. Hampir sebagian besar persalinan merupakan persalinan normal, hanya sebagian saja (12-15%) merupakan persalinan patologik (Saifuddin, Rachimhadhi and Wiknjastro, 2018).

Persalinan adalah proses pengeluaran hasil konsepsi (janin dan plasenta) yang telah cukup umur kehamilannya dan dapat hidup di luar kandungan melalui jalan lahir atau jalan lain dengan bantuan atau dengan kekuatan ibu sendiri (Manuaba, 2010).

6.2.2 Bentuk-Bentuk Persalinan

Bentuk-bentuk persalinan, meliputi (Manuaba, 2010):

1. Persalinan spontan adalah Suatu proses persalinan yang seluruhnya berlangsung dengan kekuatan ibu sendiri.
2. Persalinan buatan adalah suatu proses persalinan dibantu oleh tenaga dari luar.
3. Persalinan anjuran (partus presipitatus)

6.2.3 Inisiasi Persalinan

Persalinan adalah peristiwa fisiologis yang melibatkan serangkaian perubahan yang berurutan dan terintegrasi dalam miometrium, desidua, dan serviks yang terjadi secara bertahap selama suatu periode hari hingga minggu untuk mengeluarkan janin dari rahim. Sulit untuk menentukan dengan tepat mengapa persalinan dimulai dan apa yang memulainya. Beberapa teori telah diajukan untuk menjelaskan permulaan dan pemeliharaan persalinan, namun tidak ada di antaranya telah dibuktikan secara ilmiah. Persalinan dipengaruhi oleh serangkaian peristiwa, termasuk peregangan rahim oleh janin dan volume cairan ketuban, penghentian progesteron hingga dominasi estrogen, peningkatan sensitivitas oksitosin, dan peningkatan pelepasan prostaglandin (Ricci, 2017).

Beberapa teori yang menjelaskan tentang sebab terjadinya persalinan:

1. Teori Penurunan Progesteron

Villi korialis mengalami perubahan-perubahan, sehingga kadar estrogen dan progesterone menurun. Menurunnya kadar kedua hormon ini terjadi kira-kira 1-2 minggu sebelum partus dimulai. Selanjutnya otot rahim menjadi sensitif terhadap oksitosin. Penurunan kadar progesteron pada tingkat tertentu menyebabkan otot rahim mulai kontraksi (Manuaba, 2010).

Persalinan diawali oleh perubahan rasio estrogen-progesteron. Selama trimester terakhir kehamilan, kadar estrogen meningkat dan kadar progesteron menurun. Perubahan ini menyebabkan peningkatan jumlah persimpangan celah miometrium. Gap Junction adalah protein

yang menghubungkan membran sel dan memfasilitasi koordinasi kontraksi rahim dan peregangan miometrium (Ricci, 2017).

2. Teori Oksitosin

Menjelang persalinan, terjadi peningkatan reseptor oksitosin dalam otot rahim, sehingga mudah terangsang saat disuntikkan oksitosin dan menimbulkan kontraksi. Oksitosin dapat meningkatkan pembentukan prostaglandin dan persalinan dapat berlangsung terus (Manuaba, 2010).

Meskipun bukti fisiologis peran oksitosin dalam inisiasi persalinan tidak meyakinkan, jumlah reseptor oksitosin di rahim meningkat pada akhir kehamilan. Hal ini menciptakan peningkatan sensitivitas terhadap oksitosin. Estrogen, kadarnya juga meningkat, meningkatkan sensitivitas miometrium terhadap oksitosin. Dengan meningkatnya kadar oksitosin dalam darah ibu bersamaan dengan peningkatan kadar kortisol janin yang mensintesis prostaglandin, kontraksi uterus dimulai. Oksitosin juga membantu merangsang prostaglandin sintesis melalui reseptor di desidua. Prostaglandin menyebabkan tambahan kontraksi, pelunakan serviks, induksi gap Junction, dan sensitisasi miometrium, sehingga menyebabkan pelebaran serviks yang progresif (pembukaan atau pembesaran ostium serviks bagian luar). Kontraksi rahim memiliki dua fungsi utama, yaitu melebarkan leher rahim dan mendorong janin melalui jalan lahir (Ricci, 2017).

3. Teori Keregangan Otot Rahim

Keadaan uterus yang terus membesar dan menjadi tegang mengakibatkan iskemia otot-otot uterus. Hal ini merupakan faktor yang dapat mengganggu sirkulasi uteroplasenta sehingga plasenta mengalami degenerasi (Saifuddin, Rachimhadhi and Wiknjastro, 2018). Otot rahim mempunyai kemampuan meregang sampai batas tertentu. Apabila batas tersebut sudah terlewati, maka akan terjadi kontraksi sehingga persalinan dapat dimulai (Manuaba, 2010).

4. Teori Prostaglandin

Prostaglandin sangat meningkat pada cairan amnion dan desidua dari minggu ke-15 hingga aterm, dan kadarnya meningkat hingga partus

(Saifuddin, Rachimhadhi and Wiknjosastro, 2018). Diperkirakan terjadinya penurunan progesteron dapat memicu interleukin-1 untuk dapat melakukan “hidrolisis gliserofosfolipid”, sehingga terjadi pelepasan dari asam arakidonat menjadi prostaglandin, PGE2 dan PGF2 alfa. Terbukti pula bahwa saat mulainya persalinan, terdapat penimbunan dalam jumlah besar asam arakidonat dan prostaglandin dalam cairan amnion. Di samping itu, terjadi pembentukan prostasiklin dalam miometrium, desidua, dan korion leave. Prostaglandin dapat melunakkan serviks dan merangsang kontraksi, bila diberikan dalam bentuk infus, per os, atau secara intravaginal (Manuaba, 2010).

5. Teori Janin

Terdapat hubungan hipofisis dan kelenjar suprarenal yang menghasilkan sinyal kemudian diarahkan kepada maternal sebagai tanda bahwa janin telah siap lahir. Namun mekanisme ini belum diketahui secara pasti (Manuaba, 2010).

6. Teori Berkurangnya Nutrisi

Teori berkurangnya nutrisi pada janin diungkapkan oleh Hippocrates untuk pertama kalinya (Prawirohardjo, 2016). Hasil konsepsi akan segera dikeluarkan bila nutrisi telah berkurang (Asrinah dkk, 2010 dalam Yulizawati et al., 2019).

7. Teori Plasenta Menjadi Tua

Plasenta yang semakin tua seiring dengan bertambahnya usia kehamilan akan menyebabkan turunnya kadar estrogen dan progesteron sehingga timbul kontraksi rahim (Asrinah dkk, 2010 dalam (Yulizawati et al., 2019).

6.2.4 Tanda-tanda Permulaan Persalinan

Sebelum proses persalinan dimulai, tubuh ibu hamil mengalami beberapa perubahan dalam persiapan kelahiran bayi baru lahir. Perubahan yang terjadi seringkali menimbulkan tanda dan gejala khas yang menunjukkan bahwa persalinan sudah dekat. Tanda dan gejala ini bisa berbeda-beda, dan tidak setiap wanita mengalaminya semuanya.

1. Lightening

Lightening terjadi ketika bagian presentasi janin mulai turun ke bagian panggul. Rahim turun dan bergerak ke posisi lebih anterior. Bentuk dari perut berubah akibat perubahan rahim. Dengan turunnya ini, wanita tersebut biasanya mencatat bahwa pernapasannya jauh lebih mudah dan ada penurunan refluks lambung. Namun, mungkin mengeluhkan peningkatan tekanan panggul, kram kaki, edema dependen pada tungkai bawah, dan punggung bawah tidak nyaman. Adanya peningkatan keputihan dan lebih sering buang air kecil. Pada primipara, *Lightening* dapat terjadi 2 minggu atau lebih sebelum persalinan dimulai; pada multipara hal ini mungkin tidak terjadi sampai persalinan dimulai (Ricci, 2017).

2. Pollakisuria

Kepala janin sudah mulai masuk pintu atas panggul. Keadaan ini menyebabkan kandung kencing tertekan sehingga merangsang ibu untuk sering kencing yang disebut pollakisuria (Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013).

3. False labor

Persalinan palsu adalah suatu kondisi yang terjadi pada minggu-minggu terakhir beberapa kehamilan di mana kontraksi uterus tidak teratur dirasakan, namun leher rahim tidak terpengaruh. Sebaliknya, persalinan sejati ditandai dengan kontraksi yang terjadi secara berkala yang meningkatkan frekuensi, durasi, dan intensitas. Kontraksi persalinan yang sebenarnya, adanya dilatasi dan penipisan serviks yang progresif. Persalinan palsu, persalinan prodromal, dan Kontraksi Braxton Hicks adalah sebutan untuk kontraksi yang tidak memberikan kontribusi secara terukur menuju tujuan kelahiran (Ricci, 2017).

4. Perubahan serviks

Sebelum persalinan dimulai, terjadi pelunakan serviks dan kemungkinan pelebaran serviks dengan turunnya bagian presentasi ke dalam panggul. Perubahan ini dapat terjadi 1 bulan hingga 1 jam sebelum persalinan sebenarnya dimulai. Menjelang persalinan,

serviks berubah dari struktur memanjang menjadi segmen yang memendek dan menipis. Serabut kolagen serviks mengalami penataan ulang secara enzimatis menjadi serabut yang lebih kecil dan fleksibel sehingga memudahkan penyerapan air, sehingga serviks menjadi lebih lembut dan dapat diregangkan. Perubahan ini terjadi akibat efek prostaglandin dan tekanan kontraksi Braxton Hicks. Pematangan dan pelunakan serviks sangat penting untuk penipisan dan pelebaran, yang mencerminkan peningkatan pemecahan kolagen yang sebelumnya dihambat oleh progesteron (Ricci, 2017).

5. Energy sport

Beberapa ibu akan mengalami peningkatan energi kira-kira 24-28 jam sebelum persalinan mulai, setelah beberapa hari sebelumnya merasa kelelahan fisik karena tuanya kehamilan maka ibu akan mendapati satu hari sebelum persalinan dengan energi yang penuh. Hal ini dianggap sebagai akibat peningkatan pelepasan epinefrin yang disebabkan oleh penurunan progesteron (Ricci, 2017).

6. Gastrointestinal upsets

Beberapa ibu mungkin akan mengalami tanda-tanda seperti diare, obstipasi mual dan muntah karena efek penurunan hormon terhadap sistem pencernaan (Yanti, 2010 dalam Yulizawati et al., 2019)

6.2.5 Tanda-Tanda Persalinan

Tanda-tanda persalinan yaitu:

1. Kontraksi (His)

Ibu terasa kenceng-kenceng sering, teratur dengan nyeri dijalaran dari pinggang ke paha. Hal ini disebabkan karena pengaruh hormon oksitosin yang secara fisiologis membantu dalam proses pengeluaran janin. Ada 2 macam kontraksi yaitu kontraksi palsu (Braxton hicks) dan kontraksi yang sebenarnya. Pada kontraksi palsu berlangsung sebentar, tidak terlalu sering dan tidak teratur, semakin lama tidak ada peningkatan kekuatan kontraksi. Sedangkan kontraksi yang sebenarnya bila ibu hamil merasakan kenceng-kenceng makin sering, waktunya semakin lama, dan makin kuat terasa, disertai mulas atau

nyeri seperti kram perut. Perut bumil juga terasa kencang. Kontraksi bersifat fundal recumbent/nyeri yang dirasakan terjadi pada bagian atas atau bagian tengah perut atas atau puncak kehamilan (fundus), pinggang dan panggul serta perut bagian bawah. Tidak semua ibu hamil mengalami kontraksi (His) palsu. Kontraksi ini merupakan hal normal untuk mempersiapkan rahim untuk bersiap menghadapi persalinan (Yulizawati et al., 2019).

2. Pembukaan serviks

Pembukaan serviks, di mana primigravida $>1,8$ cm dan multigravida 2,2 cm. Biasanya pada bumil dengan kehamilan pertama, terjadinya pembukaan ini disertai nyeri perut. Sedangkan pada kehamilan anak kedua dan selanjutnya, pembukaan biasanya tanpa diiringi nyeri. Rasa nyeri terjadi karena adanya tekanan panggul saat kepala janin turun ke area tulang panggul sebagai akibat melunaknya rahim. Untuk memastikan telah terjadi pembukaan, tenaga medis biasanya akan melakukan pemeriksaan dalam (vaginal toucher) (Yulizawati et al., 2019).

3. Bloody Show

Pada permulaan persalinan atau sebelumnya, sumbat lendir yang mengisi saluran serviks selama kehamilan dikeluarkan sebagai akibat dari pelunakan serviks dan peningkatan tekanan pada bagian presentasi. Kapiler serviks yang pecah ini mengeluarkan sejumlah kecil darah yang bercampur dengan lendir, menghasilkan sekret berwarna merah muda yang dikenal sebagai pertumpahan darah (Ricci, 2017).

4. Rupture of Membranes (Pecahnya Ketuban)

Tanda selanjutnya pecahnya ketuban, di dalam selaput ketuban (korioamnion) yang membungkus janin, terdapat cairan ketuban sebagai bantalan bagi janin agar terlindungi, bisa bergerak bebas dan terhindar dari trauma luar. Terkadang ibu tidak sadar saat sudah mengeluarkan cairan ketuban dan terkadang menganggap bahwa yang keluar adalah air pipisnya. Cairan ketuban umumnya berwarna bening, tidak berbau, dan akan terus keluar sampai ibu akan

melahirkan. Keluarnya cairan ketuban dari jalan lahir ini bisa terjadi secara normal namun bisa juga karena ibu hamil mengalami trauma, infeksi, atau bagian ketuban yang tipis (*locus minoris*) berlubang dan pecah. Setelah ketuban pecah ibu akan mengalami kontraksi atau nyeri yang lebih intensif. Terjadinya pecah ketuban merupakan tanda terhubungnya dengan dunia luar dan membuka potensi kuman/bakteri untuk masuk. Karena itulah harus segera dilakukan penanganan dan dalam waktu kurang dari 24 jam bayi harus lahir apabila belum lahir dalam waktu kurang dari 24 jam maka dilakukan penanganan selanjutnya misalnya caesar (Yulizawati et al., 2019).

6.2.6 Faktor-faktor yang Memengaruhi Proses Persalinan

Secara tradisional, faktor penting yang memengaruhi proses persalinan dan kelahiran adalah diuraikan sebagai “lima P” (Bobak et al., 2005; Ricci, 2017):

1. Passenger (Fetus dan placenta)

Malpresentasi atau malformasi janin dapat memengaruhi persalinan normal. Pada faktor passenger, terdapat beberapa faktor yang memengaruhi yakni ukuran kepala janin, presentasi, letak, sikap dan posisi janin. Karena plasenta juga harus melalui jalan lahir, maka ia dianggap sebagai penumpang yang menyertai janin.

2. Passageway (birth canal)

Jalan lahir terdiri dari panggul ibu, yakni bagian tulang yang padat, dasar panggul, vagina, dan introitus (lubang luar vagina). Meskipun jaringan lunak khususnya lapisan-lapisan otot dasar panggul ikut menunjang keluarnya bayi, tetapi panggul ibu jauh lebih berperan dalam proses persalinan. Janin harus berhasil menyesuaikan dirinya terhadap jalan lahir yang relatif kaku.

3. Power (contractions)

His adalah salah satu kekuatan pada ibu yang menyebabkan serviks membuka dan mendorong janin ke bawah. Pada presentasi kepala, bila his sudah cukup kuat, kepala akan turun dan mulai masuk ke dalam rongga panggul. Ibu melakukan kontraksi involunter dan volunteer secara bersamaan.

4. Position (maternal)

Posisi ibu memengaruhi adaptasi anatomi dan fisiologi persalinan. Posisi tegak memberi sejumlah keuntungan. Mengubah posisi membuat rasa letih hilang, memberi rasa nyaman, dan memperbaiki sirkulasi. Posisi tegak meliputi posisi berdiri, berjalan, duduk dan jongkok.

5. Psychologic Respons

Proses persalinan adalah saat yang menegangkan dan mencemaskan bagi wanita dan keluarganya. Rasa takut, tegang dan cemas mungkin mengakibatkan proses kelahiran berlangsung lambat. Pada kebanyakan wanita, persalinan dimulai saat terjadi kontraksi uterus pertama dan dilanjutkan dengan kerja keras selama jam-jam dilatasi dan melahirkan kemudian berakhir ketika wanita dan keluarganya memulai proses ikatan dengan bayi. Perawatan ditujukan untuk mendukung wanita dan keluarganya dalam melalui proses persalinan supaya dicapai hasil yang optimal bagi semua yang terlibat. Wanita yang bersalin biasanya akan mengutarakan berbagai kekhawatiran jika ditanya, tetapi mereka jarang dengan spontan menceritakannya.

6.2.7 Tahapan Persalinan

Secara klinis, partus dimulai apabila timbul his dan mengeluarkan lendir yang disertai darah (bloody show). Lendir yang disertai darah ini berasal dari lendir kanalis servikalis karena serviks mulai membuka atau mendatar. Sedangkan darahnya berasal dari pembuluh-pembuluh kapiler yang berada di sekitar kanalis servikalis pecah karena pergeseran ketika serviks membuka (Saifuddin, Rachimhadhi and Wiknjastro, 2018).

1. Kala I (Pembukaan Jalan Lahir)

Kala I persalinan dimulai dengan kontraksi uterus yang teratur dan diakhiri dengan dilatasi serviks lengkap. Dilatasi lengkap dapat berlangsung kurang dari satu jam pada sebagian kehamilan multipara. Pada kehamilan pertama, dilatasi serviks jarang terjadi dalam waktu kurang dari 24 jam. Rata-rata durasi total kala I persalinan pada primigravida berkisar dari 3,3 jam sampai 19,7 jam. Pada multigravida ialah 0,1 sampai 14,3 jam (Bobak et al., 2005). Ibu akan

dipertahankan kekuatan moral dan emosinya karena persalinan masih jauh sehingga ibu dapat mengumpulkan kekuatan (Manuaba, 2010). Proses membukanya serviks sebagai akibat his dibagi dalam 2 fase, yaitu:

a. Fase laten

Pembukaan terjadi sangat lambat sampai mencapai ukuran diameter 3 cm. Fase laten diawali dengan mulai timbulnya kontraksi uterus yang teratur yang menghasilkan perubahan serviks. Fase laten berlangsung selama 8 jam.

b. Fase aktif

Fase aktif, dibagi dalam 3 fase lagi yakni:

1) Fase akselerasi.

Pembukaan serviks dari 3 cm tadi menjadi 4 cm dalam waktu 2 jam

2) Fase dilatasi maksimal.

Pembukaan serviks berlangsung sangat cepat, dari 4 cm menjadi 9 cm dalam waktu 2 jam.

3) Fase deselerasi.

Pembukaan menjadi lambat kembali, yaitu pembukaan dari 9 cm menjadi lengkap dalam waktu 2 jam,

Fase-fase tersebut dijumpai pada primigravida. Pada multigravida juga terjadi demikian akan tetapi terjadi dalam waktu yang lebih pendek (Saifuddin, Rachimhadhi and Wiknjosastro, 2018).

2. Kala II (Pengeluaran)

Kala II persalinan adalah tahap di mana janin dilahirkan. Pada kala II, his menjadi lebih kuat dan lebih cepat, kira-kira 2 sampai 3 menit sekali. Saat kepala janin sudah masuk di ruang panggul, maka pada his dirasakan tekanan pada otot-otot dasar panggul, yang secara reflektoris menimbulkan rasa mengejan. Wanita merasakan tekanan pada rektum dan hendak buang air besar. Kemudian perineum mulai menonjol dan menjadi lebar dengan anus membuka. Labia mulai membuka dan tidak lama kemudian kepala janin tampak dalam vulva pada waktu his. Dengan his dan kekuatan mengedan maksimal,

kepala janin dilahirkan dengan presentasi suboksiput di bawah simfisis, dahi, muka dan dagu. Setelah istirahat sebentar, his mulai lagi untuk mengeluarkan badan dan anggota badan bayi (Saifuddin, Rachimhadhi and Wiknjosastro, 2018).

Masih ada banyak perdebatan tentang lama kala II yang tepat dan batas waktu yang dianggap normal. Batas dan lama tahap persalinan kala II berbeda-beda tergantung paritasnya. Durasi kala II dapat lebih lama pada wanita yang mendapat blok epidural dan menyebabkan hilangnya refleks mengejan. Pada Primigravida, waktu yang dibutuhkan dalam tahap ini adalah 25-57 menit (Bobak et al., 2005). Rata-rata durasi kala II adalah 20 menit bagi multipara dan 50 menit bagi nulipara (Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013).

3. Kala III (Kala Uri)

Kala III persalinan berlangsung sejak janin lahir sampai plasenta lahir (Bobak et al., 2005). Setelah bayi lahir, uterus teraba keras dengan fundus uteri agak di atas pusat. Beberapa menit kemudian, uterus berkontraksi lagi untuk melepaskan plasenta dari dindingnya. Biasanya plasenta lepas dalam 6 sampai 15 menit setelah bayi lahir dan keluar spontan atau dengan tekanan pada fundus uteri (Saifuddin, Rachimhadhi and Wiknjosastro, 2018).

Pada tahap ini dilakukan tekanan ringan di atas puncak rahim dengan cara Crede untuk membantu pengeluaran plasenta. Plasenta diperhatikan kelengkapannya secara cermat, sehingga tidak menyebabkan gangguan kontraksi rahim atau terjadi perdarahan sekunder (Manuaba, 2010).

4. Kala IV (2 Jam Setelah Melahirkan)

Kala IV persalinan ditetapkan berlangsung kira-kira dua jam setelah plasenta lahir. Periode ini merupakan masa pemulihan yang terjadi segera jika homeostasis berlangsung dengan baik (Bobak et al., 2005). Pada tahap ini, kontraksi otot rahim meningkat sehingga pembuluh darah terjepit untuk menghentikan perdarahan. Pada kala ini dilakukan observasi terhadap tekanan darah, pernapasan, nadi, kontraksi otot rahim dan perdarahan selama 2 jam pertama. Selain itu

juga dilakukan penjahitan luka episiotomi. Setelah 2 jam, bila keadaan baik, ibu dipindahkan ke ruangan bersama bayinya (Manuaba, 2010).

6.2.8 Mekanisme Persalinan

Janin mengalami banyak perubahan posisi saat bergerak melalui jalan lahir. Perubahan posisi ini dikenal sebagai gerakan utama persalinan. Ini merupakan gerakan yang disengaja, spesifik, dan sangat tepat yang memungkinkan diameter terkecil kepala janin melewati diameter struktur panggul ibu. Meskipun gerakan utama dikonseptualisasikan sebagai gerakan yang terpisah dan berurutan, gerakan-gerakan tersebut biasanya terjadi secara bersamaan (Gambar 6.4).

Terdapat tujuh gerakan utama dalam mekanisme persalinan yang terjadi pada presentasi vertex yaitu: engagement, penurunan kepala, fleksi, rotasi dalam, ekstensi, rotasi luar dan ekspulsi (Ricci, 2017).

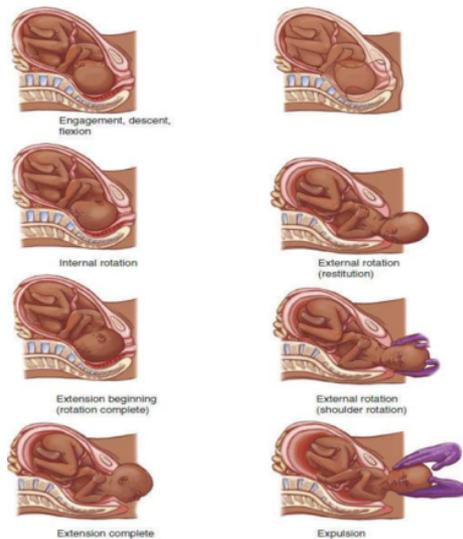
1. Engagement

Engagement pada *primigravida* terjadi pada bulan terakhir kehamilan sedangkan pada *multigravida* dapat terjadi pada awal persalinan. *Engagement* adalah peristiwa ketika diameter biparietal (Jarak antara dua parietal) melewati pintu atas panggul dengan sutura sagitalis melintang atau oblik di dalam jalan lahir dan sedikit fleksi. Masuknya kepala akan mengalami kesulitan bila saat masuk ke dalam panggul dengan sutura sagitalis dalam antero posterior. Jika kepala masuk ke dalam pintu atas panggul dengan sutura sagitalis melintang di jalan lahir, tulang parietal kanan dan kiri sama tinggi, maka keadaan ini disebut *sinklitismus*. Kepala pada saat melewati pintu atas panggul dapat juga dalam keadaan di mana sutura sagitalis lebih dekat ke promontorium atau ke simfisis maka hal ini disebut *asinklitismus* (Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013).

2. Penurunan kepala

Penurunan adalah gerakan kepala janin ke bawah hingga berada di dalam pintu atas panggul. Penurunan terjadi secara berkala disertai kontraksi dan disebabkan oleh satu atau lebih kekuatan berikut, yaitu: a) Tekanan cairan amnion; b) Tekanan langsung fundus pada bokong

atau kepala janin (tergantung bagian mana yang terletak di bagian atas rahim); c) Kontraksi otot-otot abdomen; d) Ekstensi dan pelurusan badan janin atau tulang belakang janin. Penurunan terjadi sepanjang persalinan, berakhir dengan kelahiran. Selama masa ini, ibu mengalami ketidaknyamanan, namun ia tidak mampu memisahkan gerakan janin ini dari ketidaknyamanannya secara keseluruhan (Ricci, 2017).



Gambar 6.4: Gerakan Utama Persalinan (Ricci, 2017)

3. Fleksi

Gerakan fleksi disebabkan karena janin terus didorong maju tetapi kepala janin terlambat oleh serviks, dinding panggul atau dasar panggul. Akibatnya dagu bersentuhan dengan dada janin dan diameter oksipito frontalis 12 cm berubah menjadi suboksipito bregmatika 9 cm yang menghasilkan diameter tengkorak janin terkecil dibandingkan dengan dimensi panggul ibu (Ricci, 2017).

4. Rotasi dalam (putaran paksi dalam)

Rotasi dalam atau putar paksi dalam adalah pemutaran bagian terendah janin dari posisi sebelumnya ke arah depan sampai di bawah

simpisis. Bila presentasi belakang kepala di mana bagian terendah janin adalah ubun-ubun kecil maka ubun-ubun kecil memutar ke depan sampai berada di bawah simpisis. Gerakan ini adalah upaya kepala janin untuk menyesuaikan dengan bentuk jalan lahir yaitu bentuk bidang tengah dan pintu bawah panggul. Rotasi dalam terjadi bersamaan dengan majunya kepala. Rotasi ini terjadi setelah kepala melewati Hodge III (setinggi spina) atau setelah didasar panggul. Pada pemeriksaan dalam ubun-ubun kecil mengarah ke jam 12.

Penyebab terjadinya putar paksi dalam yaitu: a) Bagian terendah kepala adalah bagian belakang kepala pada letak fleksi; b) Bagian belakang kepala mencari tahanan yang paling sedikit yang disebelah depan yaitu hiatus genitalis.

5. Ekstensi

Setelah putaran paksi selesai dan kepala sampai di dasar panggul, terjadilah ekstensi atau defleksi dari kepala. Hal ini disebabkan karena sumbu jalan lahir pada pintu bawah panggul mengarah ke depan atas, sehingga kepala harus mengadakan ekstensi untuk melaluinya. Pada kepala bekerja dua kekuatan, yang satu mendesaknya ke bawah dan satunya disebabkan tahanan dasar panggul yang menolaknya ke atas. Setelah suboksiput tertahan pada pinggir bawah symphysis akan maju karena kekuatan tersebut di atas bagian yang berhadapan dengan suboksiput, maka lahirlah berturut-turut pada pinggir atas perineum ubun-ubun besar, dahi, hidung, mulut dan akhirnya dagu dengan gerakan ekstensi. Suboksiput yang menjadi pusat pemutaran disebut hypomochlion.

6. Rotasi luar (putaran paksi luar)

Terjadinya gerakan rotasi luar atau putar paksi luar dipengaruhi oleh faktor-faktor panggul, sama seperti pada rotasi dalam.

a. Merupakan gerakan memutar ubun-ubun kecil ke arah punggung janin, bagian belakang kepala berhadapan dengan tuber ischiadikum kanan atau kiri, sedangkan muka janin menghadap salah satu paha ibu. Bila ubun-ubun kecil pada mulanya disebelah kiri maka ubun-ubun kecil akan berputar kearah kiri,

- bila pada mulanya ubun-ubun kecil disebelah kanan maka ubun-ubun kecil berputar ke kanan.
- b. Gerakan rotasi luar atau putar paksi luar ini menjadikan diameter biakromial janin searah dengan diameter anteroposterior pintu bawah panggul, di mana satu bahu di anterior di belakang simpisis dan bahu yang satunya di bagian posterior dibelakang perineum.
 - c. Sutura sagitalis kembali melintang.
7. Ekspulsi
- Setelah terjadinya rotasi luar, bahu depan berfungsi sebagai hypomochlion untuk kelahiran bahu belakang. Kemudian setelah kedua bahu lahir disusul lahirlah trochanter depan dan belakang sampai lahir janin seluruhnya. Gerakan kelahiran bahu depan, bahu belakang dan seluruhnya.

6.3 Nifas

Masa nifas merupakan masa transisi yang kritis bagi seorang wanita, bayi baru lahirnya, dan keluarganya baik secara fisiologis maupun psikologis. Masa nifas dimulai setelah lahirnya plasenta dan berlangsung kurang lebih 6 minggu. Selama periode ini tubuh wanita mulai kembali ke keadaan sebelum hamil, dan perubahan ini umumnya hilang pada minggu keenam setelah melahirkan.

Masa postpartum (puerperium) dibagi dalam 3 tahap, yaitu: 1) Periode immediate post partum/kala IV yaitu periode yang berlangsung dalam 24 jam pertama postpartum; 2) Early post partum periode yaitu periode yang berlangsung pada minggu pertama postpartum; dan 3) Late post partum periode yaitu periode yang berlangsung pada minggu ke-dua sampai ke-6 postpartum. Risiko bahaya adalah pada immediate dan early post partum periode, sedangkan perubahan secara bertahap kebanyakan terjadi pada late post partum periode (Mitayani, 2009).

6.3.1 Definisi Nifas

Masa nifas (*puerperium*) adalah masa yang dimulai setelah plasenta lahir dan berakhir saat organ reproduksi kembali pada keadaan seperti sebelum hamil yang membutuhkan waktu sekitar 6 minggu (Syafudin and Hamidah, 2009). Masa nifas atau disebut dengan *puerperium* adalah masa yang dibutuhkan untuk pulihnya kembali alat-alat kandungan seperti sebelum hamil yang dimulai setelah persalinan dan berlangsung selama 6-8 minggu (Bahiyatun, 2009). Masa nifas atau *puerperium* merupakan masa atau periode yang dimulai setelah persalinan sampai pulihnya kembali organ-organ reproduksi seperti keadaan sebelum hamil yang membutuhkan waktu selama 6-8 minggu (Apriza et al., 2020).

6.3.2 Adaptasi Fisiologis Post partum

Selama kehamilan, seluruh tubuh wanita berubah untuk mengakomodasi kebutuhan pertumbuhan janin. Setelah melahirkan, tubuh wanita juga mengalami perubahan signifikan pada seluruh sistem tubuh untuk mengembalikan tubuhnya ke kondisi sebelum hamil. Adaptasi fisiologis post partum terjadi pada berbagai sistem organ di antaranya adalah: 1) Sistem reproduksi; 2) Sistem kardiovaskuler; 3) Sistem perkemihan; 4) Sistem gastrointestinal; 5) Sistem muskuloskeletal; 6) Sistem Integumen; 7) Sistem respirasi; 8) Sistem endokrin; 9) Payudara; 10) Sistem neurologi; dan 11) Sistem imun.

1. Adaptasi Sistem Reproduksi

Sistem reproduksi mengalami adaptasi yang luar biasa untuk kembali ke kondisi sebelum hamil. Semua organ dan jaringan sistem reproduksi terlibat. Sistem reproduksi wanita memiliki keunikan dalam kemampuannya untuk mengubah dirinya sepanjang kehidupan reproduksi wanita. Peristiwa setelah kelahiran, dengan pelepasan plasenta dan selanjutnya involusi uterus, mempunyai dampak yang cukup besar terhadap kerusakan jaringan dan perbaikan serta remodeling selanjutnya (Ricci, 2017).

1. Uterus

a. Involusi Uteri

Rahim kembali ke ukuran normal melalui proses involusi bertahap, yang melibatkan perubahan retrogresif yang

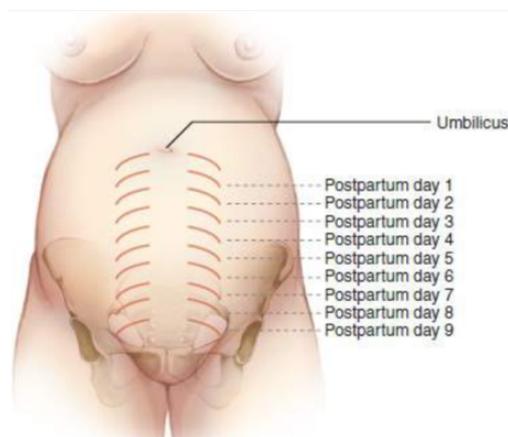
mengembalikannya ke ukuran dan kondisi sebelum hamil. Involusi melibatkan tiga proses kemunduran:

- 1) Kontraksi serabut otot untuk mengurangi regangan yang sebelumnya terjadi selama kehamilan.
- 2) Katabolisme, yang mengecilkan sel-sel miometrium yang membesar.
- 3) Regenerasi epitel uterus dari lapisan bawah desidua setelah lapisan atas terkelupas dan terlepas selama keluarnya lokia.

Rahim, yang beratnya kira-kira 1.000 g segera setelah lahir, mengalami involusi fisiologis saat kembali ke keadaan tidak hamil. Kira-kira 1 minggu setelah kelahiran, ukuran rahim menyusut sebesar 50% dan beratnya sekitar 500 g; pada akhir minggu ke-6, beratnya kira-kira 60 g, kira-kira sama dengan berat sebelum (Gambar 6.5). Selama beberapa hari pertama setelah kelahiran, rahim biasanya turun setinggi umbilikus dengan kecepatan 1 cm (1 lebar jari) per hari. Pada hari ke 3, fundus terletak 2 sampai 3 lebar jari di bawah umbilikus (atau sedikit lebih tinggi pada wanita multipara). Pada akhir hari ke 10, fundus biasanya tidak dapat dipalpasi karena sudah turun ke panggul sebenarnya.

Jika perubahan retrogresif ini tidak terjadi akibat tertahannya fragmen plasenta atau infeksi, maka biasanya terjadi subinvolusi uterus (involusi tertunda atau tidak ada). Subinvolusi umumnya responsif terhadap diagnosis dan pengobatan dini. Faktor-faktor yang memudahkan terjadinya involusi uterus antara lain keluarnya selaput ketuban dan plasenta secara menyeluruh saat lahir, proses persalinan dan kelahiran yang bebas komplikasi, pemberian ASI, dan ambulasi dini. Faktor yang menghambat involusi meliputi persalinan lama dan sulit melahirkan, pengeluaran selaput ketuban dan plasenta yang tidak lengkap, infeksi rahim, distensi otot rahim yang berlebihan (seperti karena kehamilan ganda, hidramnion, atau janin tunggal yang besar), kandung kemih yang penuh (yang menggeser rahim dan

mengganggu dengan kontraksi), anestesi (yang melemaskan otot-otot rahim), dan jarak persalinan yang dekat (pembesaran yang sering dan berulang-ulang menurunkan tonus dan menyebabkan relaksasi otot) (Ricci, 2017).



Gambar 6.5: Involusi Uteri (Ricci, 2017)

b. Lochea

Lochea adalah cairan yang keluar setelah melahirkan dan berlangsung selama kurang lebih 4 hingga 8 minggu. Hal ini terjadi akibat involusi, di mana lapisan superfisial desidua basalis menjadi nekrotik dan terkelupas. Segera setelah melahirkan, lochia berwarna merah cerah dan sebagian besar terdiri dari darah, produk fibrin, sel desidua, serta sel darah merah dan putih. Lochea dari rahim bersifat basa tetapi menjadi asam saat melewati vagina. Jumlah ini kira-kira sama dengan jumlah yang terjadi selama periode menstruasi berat. Jumlah rata-rata sekret lochia adalah 240 hingga 270 mL (8 hingga 9 oz). Wanita yang pernah melahirkan secara sesar cenderung memiliki aliran darah yang lebih sedikit karena sisa-sisa rahim dikeluarkan secara manual bersamaan dengan lahirnya plasenta. Lochea muncul pada sebagian besar wanita setidaknya selama 3 minggu setelah

melahirkan, namun tetap ada pada beberapa wanita hingga 6 minggu (Ricci, 2017).

Lochea dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

1) Lochea rubra

Lochea rubra adalah campuran lendir, sisa jaringan, dan darah berwarna merah tua yang terjadi selama 3 hingga 4 hari pertama setelah kelahiran. Saat perdarahan uterus mereda, warnanya menjadi lebih pucat dan serosa.

2) Lochea serosa

Lochea serosa merupakan stadium kedua. Warnanya coklat kemerahan dan dikeluarkan 3 sampai 10 hari pascapersalinan. Lochea serosa terutama mengandung leukosit, jaringan desidua, sel darah merah, dan cairan serosa.

3) Lochea alba

Lochea alba adalah tahap akhir. Keluarnya cairan berwarna putih krem atau coklat muda dan terdiri dari leukosit, jaringan desidua, dan berkurangnya kandungan cairan. Ini terjadi dari hari ke 10 hingga 14 tetapi dapat berlangsung 3 hingga 6 minggu pascapersalinan pada beberapa wanita dan masih dianggap normal.

Lochea pada setiap tahap harus memiliki bau seperti daging; bau yang tidak sedap biasanya menandakan adanya infeksi, seperti endometritis.

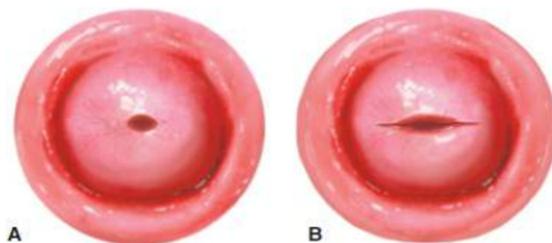
c. Afterpains

Afterpain adalah rasa sakit yang mencekram (kram) pada abdomen bagian bawah yang dialami oleh ibu multipara selama 3-4 hari pertama post partum. Pada primipara tonus uterus biasanya masih baik, fundus tetap keras dan kram yang dialami oleh ibu biasanya ringan. Pada multipara uterus lebih kendor daripada uterus primipara dengan demikian harus berkontraksi lebih kuat untuk menghasilkan involusi sehingga mengakibatkan afterpain (Perry et al., 2010).

Afterpain sering terjadi ketika ibu sedang menyusui, karena hisapan puting menimbulkan pelepasan oksitosin yang membuat uterus berkontraksi dan pemberian oksitosin eksogen (Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013).

2. Serviks

Leher rahim biasanya kembali ke keadaan sebelum hamil pada minggu ke 6 periode pascapersalinan. Leher rahim secara bertahap menutup tetapi tidak pernah kembali seperti sebelum hamil. Segera setelah melahirkan, serviks tidak berbentuk dan mengalami edema serta mudah melebar selama beberapa hari. Os serviks bagian dalam secara bertahap menutup dan kembali normal dalam 2 minggu, sedangkan ostium eksterna melebar dan tidak pernah muncul sama setelah melahirkan. Serviks bagian luar tidak lagi berbentuk lingkaran, melainkan tampak seperti celah bergerigi, yang sering digambarkan sebagai “mulut ikan”.



Gambar 6.6: Penampilan os serviks. A. Sebelum kehamilan pertama. B. Setelah hamil (Ricci, 2017).

3. Vagina

Segera setelah lahir, mukosa vagina mengalami edema dan tipis, dengan sedikit rugae. Ketika fungsi ovarium kembali dan produksi estrogen kembali, mukosa menebal dan rugae kembali dalam waktu sekitar 3 minggu. Vagina menganga pada pembukaannya dan umumnya kendur. Vagina akan kembali ke ukuran sebelum hamil sekitar 6 hingga 8 minggu pascapersalinan, namun tetap sedikit lebih besar dibandingkan sebelum hamil. Produksi lendir yang normal dan

penebalan mukosa vagina biasanya kembali seiring dengan ovulasi. Ukuran vagina secara bertahap mengecil dan kembali kencang dalam beberapa minggu. Dalam 3 sampai 4 minggu, edema dan vaskularisasi telah menurun. Epitel vagina umumnya pulih pada 6 hingga 8 minggu pascapersalinan. Biasanya kekeringan terlokalisir dan rasa tidak nyaman pada hubungan seksual (dispareunia), dialami sebagian besar wanita sampai menstruasi kembali. Pelumas yang larut dalam air dapat mengurangi rasa tidak nyaman saat berhubungan intim (Ricci, 2017).

4. Perineum

Perineum sering mengalami edema dan memar pada hari pertama atau kedua setelah lahir. Jika persalinan melibatkan episiotomi atau laserasi, penyembuhan total mungkin memerlukan waktu 4 hingga 6 bulan tanpa adanya komplikasi pada lokasi tersebut, seperti hematoma atau infeksi. Tonus otot mungkin kembali normal atau tidak, tergantung pada luasnya cedera pada otot, saraf, dan jaringan penghubung. Laserasi perineum dapat meluas hingga ke dalam anus dan menyebabkan ketidaknyamanan yang cukup besar bagi ibu ketika dia mencoba buang air besar atau berjalan. Adanya wasir yang bengkak juga dapat meningkatkan rasa tidak nyaman. Tindakan kenyamanan lokal seperti kompres es, menuangkan air hangat ke area tersebut melalui peribottle dapat menghilangkan rasa sakit. Jaringan pendukung dasar panggul meregang saat proses melahirkan, dan pulih memerlukan waktu hingga 6 bulan. Relaksasi panggul dapat terjadi pada wanita yang mengalami persalinan normal (Ricci, 2017).

2. Adaptasi Sistem Kardiovaskuler

Sistem kardiovaskular mengalami perubahan dramatis setelah lahir. Selama kehamilan, jantung bergeser sedikit ke atas dan ke kiri. Hal ini akan berbalik ketika rahim mengalami involusi. Curah jantung tetap tinggi selama beberapa hari pertama pascapersalinan dan kemudian secara bertahap menurun hingga mencapai nilai sebelum hamil dalam waktu 3 bulan setelah kelahiran (Ricci, 2017).

Volume darah, yang meningkat secara signifikan selama kehamilan, turun dengan cepat setelah melahirkan dan kembali normal dalam waktu 4 minggu pasca melahirkan. Penurunan curah jantung dan volume darah mencerminkan kehilangan darah terkait kelahiran (rata-rata 500 mL pada kelahiran normal dan 1.000 mL pada kelahiran sesar). Curah jantung menurun hingga mencapai nilai sebelum persalinan 24 hingga 72 jam pascapersalinan, turun dengan cepat dalam dua minggu berikutnya dan biasanya kembali ke tingkat sebelum hamil dalam waktu 6 sampai 8 minggu pasca melahirkan. Penurunan volume plasma darah selanjutnya melalui diuresis, yang terjadi selama periode awal pascapersalinan. Meskipun terjadi penurunan volume darah, kadar hematokrit tetap relatif stabil dan bahkan mungkin meningkat, yang mencerminkan hilangnya plasma secara dominan. Dengan demikian, penurunan hematokrit akut bukan merupakan temuan yang diharapkan dan mungkin mengindikasikan perdarahan.

1. Nadi dan Tekanan Darah

Peningkatan curah jantung dan volume sekuncup selama kehamilan mulai berkurang setelah kelahiran yaitu setelah plasenta lahir. Penurunan curah jantung ini tercermin dalam bradikardia (40 hingga 60 bpm) hingga 2 minggu pertama pascapersalinan. Perlambatan detak jantung ini berhubungan dengan peningkatan darah yang mengalir kembali ke jantung dan sirkulasi sentral setelah jantung tidak lagi mengalirkan darah ke plasenta. Peningkatan sirkulasi sentral ini menyebabkan peningkatan volume sekuncup dan memungkinkan detak jantung yang lebih lambat untuk memberikan sirkulasi ibu yang cukup. Secara bertahap, curah jantung kembali ke tingkat sebelum hamil sebesar 3 bulan setelah melahirkan (Mahendru et al., 2014).

Takikardia (denyut jantung di atas 100 bpm) pada wanita pascapersalinan memerlukan pengkajian lebih lanjut. Ini mungkin menunjukkan hipovolemia, dehidrasi, atau perdarahan. Namun karena peningkatan volume darah selama kehamilan, kehilangan banyak darah mungkin dapat ditoleransi dengan baik dan tidak menyebabkan respons kompensasi kardiovaskular seperti takikardia. Pada sebagian besar kasus perdarahan postpartum, tekanan darah dan curah jantung tetap meningkat karena adanya kompensasi

peningkatan denyut jantung. Dengan demikian, penurunan tekanan darah dan curah jantung tidak diharapkan terjadi perubahan selama masa nifas. Identifikasi dini sangat penting untuk memastikan intervensi yang cepat. Tekanan darah sebagian besar turun dalam 2 hari pertama dan kemudian meningkat dalam 3 hingga 7 hari setelah melahirkan; dan kembali ke tingkat sebelum hamil pada 6 minggu. Peningkatan yang signifikan disertai sakit kepala kemungkinan mengindikasikan preeklampsia dan memerlukan pemeriksaan lebih lanjut. Penurunan tekanan darah mungkin menandakan adanya infeksi atau pendarahan rahim (Ricci, 2017).

2. Coagulation

Perubahan fisiologis normal pada kehamilan, termasuk perubahan hemostasis yang mendukung koagulasi, berkurangnya fibrinolisis, pengumpulan dan stasis darah di ekstremitas bawah, menempatkan wanita pada risiko penggumpalan darah. Perubahan ini, yang biasanya kembali ke tingkat sebelum hamil setelah 3 minggu pascapersalinan, penting untuk meminimalkan kehilangan darah saat melahirkan. Merokok, obesitas, imobilitas, dan faktor pascapersalinan seperti infeksi, perdarahan, dan pembedahan darurat (termasuk operasi caesar darurat) juga meningkatkan risiko gangguan koagulasi (Creasy et al., 2014).

Faktor pembekuan yang meningkat selama kehamilan cenderung tetap meningkat selama periode awal pascapersalinan. Melahirkan merangsang keadaan hiperkoagulabilitas ini lebih jauh. Akibatnya, faktor koagulasi ini tetap meningkat selama 2 hingga 3 minggu pascapersalinan (King et al., 2015). Keadaan hiperkoagulasi ini, ditambah dengan kerusakan pembuluh darah saat melahirkan dan imobilitas, menempatkan wanita tersebut pada risiko tromboemboli (penggumpalan darah) di ekstremitas bawah dan paru-paru.

3. Komponen Seluler Darah

Produksi sel darah merah berhenti pada awal masa nifas, menyebabkan rata-rata kadar hemoglobin dan hematokrit sedikit menurun dalam 24 jam pertama. Selama 2 minggu berikutnya, kedua

level tersebut naik perlahan. Jumlah sel darah putih, yang meningkat saat persalinan, tetap meningkat selama 4 hingga 6 hari pertama setelah kelahiran namun kemudian turun hingga 6.000 hingga 10.000/mm³. Peningkatan sel darah putih ini dapat mempersulit diagnosis infeksi segera setelah melahirkan (Ricci, 2017).

3. Adaptasi Sistem Perkemihan

Kehamilan dan kelahiran dapat berdampak besar pada sistem saluran kemih. Selama kehamilan, laju filtrasi glomerulus dan aliran plasma ginjal meningkat secara signifikan. Keduanya biasanya kembali normal dalam 6 minggu setelah kelahiran. Kembalinya tonus kandung kemih secara bertahap dan ukuran normal serta fungsi kandung kemih, ureter, dan renal pelvis, yang semuanya melebar selama kehamilan.

Banyak wanita mengalami kesulitan merasakan sensasi buang air kecil setelah melahirkan jika mereka menerima blok anestesi selama persalinan (yang menghambat fungsi saraf kandung kemih) atau jika mereka menerima oksitosin untuk menginduksi atau meningkatkan persalinan (efek antidiuretik). Wanita-wanita ini akan berisiko mengalami pengosongan tidak tuntas, distensi kandung kemih, kesulitan berkemih, dan retensi urin. Selain itu, buang air kecil mungkin terhambat oleh: 1) Laserasi perineum; 2) Pembengkakan umum dan memar pada perineum dan jaringan di sekitar meatus urinarius; 3) Hematoma; 4) Penurunan tonus kandung kemih akibat anestesi regional; 5) Berkurangnya sensasi tekanan kandung kemih akibat pembengkakan; 6) Tonus kandung kemih yang buruk; 7) Efek mati rasa akibat anestesi regional yang digunakan selama persalinan.

Kesulitan berkemih dapat menyebabkan retensi urin, distensi kandung kemih, dan akhirnya infeksi saluran kemih. Retensi urin dan distensi kandung kemih dapat menyebabkan pergeseran rahim dari garis tengah ke kanan dan dapat menghambat kontraksi rahim dengan baik sehingga meningkatkan risiko perdarahan pasca melahirkan. Retensi urin merupakan penyebab utama atonia uteri, yang memungkinkan terjadinya perdarahan berlebihan. Sering buang air kecil dalam jumlah kecil (kurang dari 150 mL) menunjukkan retensi urin yang meluap, dan diperlukan kateterisasi untuk mengosongkan kandung kemih untuk mengembalikan tonus (Ricci, 2017).

Diuresis pascapersalinan terjadi sebagai akibat dari beberapa mekanisme: sejumlah besar cairan intravena yang diberikan selama persalinan, penurunan efek antidiuretik oksitosin seiring dengan penurunan kadarnya, penumpukan dan retensi cairan ekstra selama kehamilan, dan penurunan produksi hormon aldosteron yang menurunkan retensi natrium dan meningkatkan produksi urin (Evans and De Franco, 2014). Semua faktor ini berkontribusi terhadap pengisian kandung kemih yang cepat dalam waktu 12 jam setelah kelahiran. Diuresis dimulai dalam waktu 12 jam setelah melahirkan dan berlanjut sepanjang minggu pertama pascapersalinan. Fungsi normal kembali dalam waktu satu bulan setelah lahir (Cunningham et al., 2013).

4. Adaptasi Sistem Gastrointestinal

Sistem pencernaan cepat kembali normal setelah lahir karena rahim yang hamil tidak lagi mengisi rongga perut dan memberikan tekanan pada organ perut. Kadar progesteron, yang menyebabkan relaksasi otot polos selama kehamilan dan berkurangnya tonus usus, juga menurun. Terlepas dari jenis persalinannya, sebagian besar wanita mengalami penurunan tonus usus dan buang air besar selama beberapa hari setelah melahirkan. Penurunan peristaltik terjadi sebagai respons terhadap analgesik, pembedahan, penurunan tekanan intra-abdomen, diet rendah serat, asupan cairan yang tidak mencukupi, dan penurunan tonus otot. Selain itu, wanita yang menjalani episiotomi, laserasi perineum, atau wasir mungkin takut akan rasa sakit atau kerusakan pada perineum saat pertama kali buang air besar dan mungkin mencoba untuk menundanya. Selanjutnya, sembelit merupakan masalah yang umum terjadi pada masa nifas. Pelunak tinja dapat diresepkan karena alasan ini. Kebanyakan wanita merasa lapar dan haus setelah melahirkan, hal ini umumnya disebabkan oleh pembatasan pemberian makanan melalui mulut dan energi yang dikeluarkan selama persalinan. Nafsu makan kembali normal segera setelah melahirkan (Ricci, 2017).

5. Adaptasi Sistem Muskuloskeletal

Dampak kehamilan pada otot dan persendian sangat bervariasi. Perubahan muskuloskeletal yang terkait dengan kehamilan, seperti peningkatan kelemahan ligamen, penambahan berat badan, perubahan pusat gravitasi, dan sindrom carpal tunnel, akan kembali pada periode pascapersalinan. Selama kehamilan, hormon relaksin, estrogen, dan progesteron mengendurkan persendian. Setelah lahir, kadar hormon-hormon ini menurun, sehingga semua

persendian kembali ke kondisi sebelum hamil, kecuali kaki. Wanita yang melahirkan akan merasakan peningkatan permanen pada ukuran sepatunya.

Wanita umumnya mengalami kelelahan dan intoleransi aktivitas serta memiliki gambaran tubuh yang terdistorsi selama berminggu-minggu setelah melahirkan akibat menurunnya kadar relaksin dan progesteron, yang menyebabkan nyeri pinggul dan sendi yang mengganggu ambulasi dan olahraga. Mekanika tubuh yang baik dan posisi yang benar penting selama periode ini untuk mencegah nyeri pinggang dan cedera pada persendian. Dalam waktu 6 hingga 8 minggu setelah melahirkan, persendian sudah stabil sepenuhnya dan kembali normal. Selama kehamilan, terjadi peregangan otot-otot dinding perut menampung rahim yang membesar. Peregangan ini menyebabkan hilangnya tonus otot dan kemungkinan pemisahan otot longitudinal (otot rektus abdominis) pada perut. Pelepasan otot rektus abdominis, yang disebut diastasis recti, lebih sering terjadi pada wanita yang memiliki tonus otot perut yang buruk sebelum hamil. Setelah lahir, tonus otot berkurang dan otot perut menjadi lunak dan lembek. Latihan khusus diperlukan untuk membantu wanita tersebut mendapatkan kembali kekencangan ototnya. Diastasis recti merespons olahraga dengan baik, dan tonus otot perut dapat ditingkatkan (Ricci, 2017).

6. Adaptasi Sistem Integumen

Pada saat kadar estrogen dan progesteron menurun, pigmentasi gelap pada perut (*linea nigra*), wajah (*melasma*), dan puting susu berangsur-angsur memudar. Beberapa wanita mengalami kerontokan rambut selama kehamilan dan masa nifas. Sekitar 90% rambut tumbuh pada satu waktu, dan 10% lainnya memasuki fase istirahat. Karena tingginya kadar estrogen selama kehamilan, semakin banyak pula rambut yang memasuki fase istirahat, yang merupakan bagian dari siklus kerontokan rambut normal. Periode paling umum terjadinya kerontokan rambut adalah dalam waktu 3 bulan setelah kelahiran. Kerontokan rambut ini bersifat sementara, dan pertumbuhan kembali umumnya kembali ke tingkat normal dalam 4 hingga 6 bulan pada dua pertiga wanita dan 15 bulan sisanya, meskipun jumlah rambut mungkin lebih sedikit dibandingkan sebelum kehamilan (King et al., 2015).

Striae gravidarum (stretch mark) yang berkembang selama kehamilan di payudara, perut, dan pinggul berangsur-angsur memudar menjadi garis-garis keperakan. Namun, garis-garis tersebut tidak hilang sepenuhnya. *Diaphoresis* (berkeringat) yang berlebihan yang umum terjadi pada periode awal

pascapersalinan adalah salah satu adaptasi yang paling nyata dalam sistem integumen. Diaforesis pascapersalinan ini merupakan mekanisme untuk mengurangi jumlah cairan yang tertahan selama kehamilan dan mengembalikan kadar cairan tubuh sebelum hamil (Ricci, 2017).

7. Adaptasi Sistem Respirasi

Pernapasan biasanya tetap dalam kisaran normal orang dewasa yaitu 16-24 kali per menit. Saat organ perut kembali ke posisi tidak hamil, diafragma kembali ke posisi biasanya. Perubahan anatomi pada rongga dada dan tulang rusuk akibat peningkatan pertumbuhan rahim akan teratasi dengan cepat, sehingga rasa tidak nyaman seperti sesak napas dan nyeri tulang rusuk pun berkurang. Volume tidal, kapasitas vital, dan kapasitas sisa fungsional kembali ke nilai sebelum hamil, biasanya dalam 1 hingga 3 minggu setelah kelahiran (Mattson and Smith, 2016).

8. Adaptasi Sistem Endokrin

Sistem endokrin dengan cepat mengalami beberapa perubahan setelah lahir. Tingkat sirkulasi estrogen dan progesteron turun dengan cepat seiring dengan lahirnya plasenta. Penurunan kadar estrogen berhubungan dengan pembengkakan payudara dan diuresis kelebihan cairan ekstraseluler yang terakumulasi selama kehamilan. Estrogen berada pada tingkat terendah seminggu setelah kelahiran. Wanita yang tidak menyusui, kadar estrogen mulai meningkat 2 minggu setelah melahirkan. Pada ibu menyusui, kadar estrogen tetap rendah hingga frekuensi menyusui menurun.

Hormon plasenta lainnya (human chorionic gonadotropin/hCG, human placental lactogen/hPL, progesteron) menurun dengan cepat setelah lahir. Pada akhir minggu pertama pascapersalinan, hCG tidak terdeteksi dan hPL juga tidak terdeteksi dalam 1 hari setelah lahir. Kadar progesteron tidak terdeteksi pada 3 hari setelah melahirkan, dan produksinya kembali normal pada menstruasi pertama. Kadar prolaktin menurun dalam waktu 2 minggu pada wanita yang tidak menyusui, namun tetap meningkat pada wanita menyusui (Ricci, 2017).

Ovulasi bisa terjadi sejak hari ke-27 postpartum, waktu rata-rata sekitar 70-75 hari. Pada ibu yang tidak menyusui menstruasi terjadi setelah 4-6 minggu postpartum. Pada ibu yang menyusui, ovulasi kembali sekitar 6 bulan (Blackburn, 2007). Faktor yang berpengaruh terhadap kembalinya ovulasi dan menstruasi pada ibu menyusui adalah durasi dan frekuensi menyusui

(Blackburn, 2007). Pada beberapa ibu akan terjadi ovulasi sebelum menstruasi postpartum sehingga pilihan kontrasepsi harus didiskusikan pada awal masa nifas (Cunningham et al., 2005; Blackburn, 2007)

9. Payudara

Perkembangan payudara selama kehamilan terjadi akibat peningkatan hormon estrogen, progesteron, hCG, kortisol, prolaktin dan insulin. Setelah postpartum kadar hormon tersebut menurun dan kembali pada kadar sebelum hamil yang ditentukan oleh apakah ibu menyusui atau tidak menyusui (Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013).

1. Ibu Menyusui

Setelah pengeluaran plasenta, kadar hormon estrogen, progesteron dan hPL menurun dengan cepat, dan terjadi peningkatan sekresi prolaktin oleh kelenjar hipofisis anterior. Sintesis dan sekresi ASI terjadi akibat hilangnya pengaruh inhibitorik estrogen dan progesteron serta peningkatan hormon prolaktin (Reeder, Martin and Koniak-Griffin, 2011).

Kualitas dan kuantitas ASI bervariasi pada tiap individu, begitu pula pada individu yang sama dalam waktu yang beda. Produksi ASI akan meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan bayi. Apabila bayi baru lahir diberikan ASI secara konsisten sampai pada akhir minggu pertama, ibu yang sehat memproduksi ASI sebanyak 200-300 ml/hari. Jumlah produksi ASI bertambah 2 kali lipat pada sampai akhir minggu ke-4 mencapai 600 ml/hari. Produksi ASI meningkat sesuai dengan kebutuhan bayi dan seiring dengan pertumbuhan bayi produksi ASI perhari mencapai 900 ml (Reeder, Martin and Koniak-Griffin, 2011).

2. Ibu yang Tidak Menyusui

Kadar hormon prolaktin akan menurun dengan cepat pada ibu yang tidak menyusui dan tidak menggunakan obat antilaktogenik. Selama beberapa hari pertama postpartum sekresi dan ekskresi kolostrum menetap. Pada hari ke-2 dan ke-3 payudara terasa nyeri saat di palpasi dan pada hari ke-3 atau ke-4 postpartum terjadi pembengkakan (engorgement). Payudara keras, bengkak, nyeri dan

hangat bila dipalpsi. Pembengkakan atau distensi payudara ini terjadi akibat bendungan/kongesti sementara pembuluh darah dan limfatik, dan bukan diakibatkan oleh penimbunan air susu (Bobak et al., 2005). Rasa tidak nyaman berkurang dan pembengkakan payudara menghilang dalam waktu 24-36 jam. Laktasi akan berhenti dalam beberapa hari pada ibu yang tidak menyusui (Reeder, Martin and Koniak-Griffin, 2011; Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013).

10. Adaptasi Sistem Neurologi

Ketidaknyamanan neurologis yang terjadi pada saat hamil akan menghilang setelah melahirkan. Edema fisiologis menghilang akibat diuresis, dan “sindrom carpal tunnel” menghilang sehingga mengurangi kompresi pada saraf median. Rasa kesemutan dan baal pada jari yang terjadi pada 5% ibu hamil juga menghilang. Apabila terdapat keluhan nyeri kepala diperlukan pemeriksaan yang adekuat. Durasi keluhan nyeri kepala bervariasi dari 1-3 hari bahkan sampai beberapa minggu tergantung pada penyebab dan efektivitas terapi atau pengobatan (Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013)

11. Adaptasi Sistem Imun

Pada sistem imun tidak ada perubahan pada periode postpartum. Ibu membutuhkan vaksinasi rubella atau pencegahan isoimunisasi Rh (Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013)

6.3.3 Adaptasi Psikologis Postpartum

Kehamilan dan menjadi orang tua merupakan transisi peran. Perubahan yang mencolok biasanya terjadi saat anak lahir dan anggapan suatu peran baru bersamaan dengan ketidakstabilan yang terjadi sampai peran baru dan anggota baru bisa berintegrasi. Transisi merupakan suatu proses yang berlangsung ketika orang tua dan bayi berkembang serta berubah (Reeder, Martin and Koniak-Griffin, 2011; Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013).

Transisi menjadi orang tua, meskipun merupakan saat yang menyenangkan untuk merayakan kehidupan anak mereka, menyebabkan orang tua menghadapi tantangan baru seperti kelelahan fisik, peran yang berlebihan, dan lebih sedikit waktu untuk diri mereka sendiri dan pasangannya (Velotti, Castellano, & Zavattini, 2015). Pengalaman ibu dan ayah selama kehamilan

tentu saja berbeda, dan perbedaan ini berlanjut setelah melahirkan seiring keduanya menyesuaikan diri dengan peran baru mereka sebagai orang tua.

1. Proses Menjadi Orang Tua

Menurut Steele dan Pollack (1968), peran menjadi orang tua (tugas, tanggung jawab dan sikap) merupakan fungsi menjadi ibu (*mothering function*), yaitu suatu proses orang dewasa yang mempunyai pribadi matang, penyayang, mampu dan mandiri untuk mulai mengasuh seorang bayi yaitu pribadi yang belum matang, tidak berdaya, dan tergantung pada orang lain. Setiap orang tua dapat menunjukkan sifat keibuannya. Sifat keibuan merupakan sebagai suatu kemampuan yang tidak berhubungan dengan jenis kelamin tertentu. Sifat keibuan ini ditunjukkan dengan kemampuan yang memperlihatkan kasih sayang, kelembutan, pengertian dan mendahulukan kepentingan orang lain daripada kepentingan diri sendiri yang tidak hanya terbatas pada wanita. Ini menunjukkan ciri atau karakteristik seseorang/individu (Bobak et al., 2005)

Dua komponen menjadi orang tua menurut Steele dan Pollack (1968), yaitu: 1) Komponen pertama yang melibatkan keterampilan kognitif dan motorik; dan 2) Komponen kedua yang melibatkan keterampilan afektif dan kognitif.

1. Keterampilan Kognitif-Motorik
 - a. Bersifat praktis atau mekanis
 - b. Melibatkan aktivitas perawatan anak, seperti memberi makan, menggendong, mengenakan pakaian, memandikan bayi, dan menjaganya dari bahaya.
 - c. Pengalaman pribadi dan budaya berpengaruh terhadap keterampilan ini dan orang tua harus belajar untuk melakukan tugas ini.
2. Keterampilan Afektif-Motorik
 - a. Bersifat emosional
 - b. Komponen psikologis menjadi orang tua, sifat keibuan atau kebakapan bersumber dari pengalaman orang tua pada masa kecil saat mengalami dan menerima kasih sayang dari ibunya.
 - c. Keterampilan ini meliputi sikap yang lembut, waspada dan memberi perhatian terhadap kebutuhan dan keinginan anak (Bobak et al., 2005).

2. Keterikatan, Ikatan dan Pengenalan Orang Tua

Bonding (ikatan), menurut Brazelton (1978) adalah suatu ketertarikan bersama (mutual) pertama antar individu (misalnya antara orang tua dan anak) saat mereka pertama kali bertemu. Attachment (keterikatan) adalah suatu proses di mana orang tua mencintai serta menerima anaknya dan sebaliknya (Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013). Menurut Klaus & Kennell, (1982), Attachment adalah suatu perasaan menyayangi atau loyalitas yang mengikat individu satu dengan individu lain yang bersifat unik, spesifik dan bertahan lama (Bobak et al., 2005).

Konsep ikatan diperluas menjadi menjadi “Mutualitas” yang berarti suatu perilaku dan karakteristik bayi yang menimbulkan suatu perilaku dan karakteristik maternal yang sesuai. Bayi akan memperlihatkan perilaku isyarat seperti: tersenyum, menangis, dan bersuara untuk memulai kontak sehingga membuat maternal mendatangi bayi. Pengasuh akan tertarik kepada bayi yang responsif, suka memeluk, sering bangun dan tidak tertarik pada bayi yang tampak acuh dan gelisah (Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013).

Menurut Mercer (1982), ada beberapa kondisi yang memengaruhi ikatan di antaranya adalah: 1) Kesehatan emosional orang tua (kemampuan untuk percaya pada orang lain); 2) Sistem dukungan sosial dari pasangan hidup, keluarga, dan teman; 3) Tingkat keterampilan dalam berkomunikasi serta memberikan asuhan yang kompeten; 4) Kedekatan orang tua dengan bayi; 5) Kesesuaian orang tua-bayi termasuk penampilan, temperamen dan jenis kelamin bayi (Bobak et al., 2005).

Prinsip dari bonding adalah menit dan jam pertama kehidupan merupakan periode yang sensitif sehingga perlu kontak yang lebih dekat antara ibu, ayah dan bayi untuk perkembangan selanjutnya (Klaus and Kennell, 1976).

Komponen yang terpenting dari suatu ikatan adalah pengenalan (acquaintance). Orang tua akan melakukan kontak mata, berbicara, menyentuh, dan mengeksplorasi untuk mengenali bayinya pada periode awal postpartum. Keluarga akan mengobservasi bayi terkait kemiripan, perbedaan dengan anggota keluarga dan keunikan bayi. Ini merupakan proses yang menyatakan kepemilikan. Selain itu ada beberapa ibu yang bereaksi negatif terhadap bayinya akibat ketidaknyamanan atau nyeri yang ditimbulkan bayi. Respon negatif ini ditunjukkan dengan perasaan tidak suka, acuh, tidak mau

memeluk/menyentuh untuk memenangkan bayi (Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013).

3. Peran Orang Tua setelah Bayi Lahir

Tugas dan tanggung jawab baru akan muncul pada periode postpartum, sehingga kebiasaan lama harus dirubah dan ditambah dengan kebiasaan baru. Terdapat 3 periode peran orang tua setelah bayi lahir di antaranya adalah:

1. Periode awal
 - a. Orang tua hendaknya mengenali hubungan mereka dengan bayinya.
 - b. Bayi membutuhkan perawatan, perlindungan dan sosialisasi.
 - c. Pada periode ini ditandai dengan masa pembelajaran intensif dan adanya tuntunan untuk mengasuh
 - d. Waktu atau lama yang dibutuhkan periode ini bervariasi, biasanya berlangsung kira-kira 4 minggu
2. Periode konsolidasi
 - a. Periode ini menggambarkan suatu waktu bersama-sama untuk membangun kesatuan keluarga
 - b. Meliputi: negosiasi terhadap peran (suami-istri, ibu-ayah, orang tua-anak, saudara-saudara), stabilisasi dari tugas dan adanya suatu komitmen.
 - c. Orang tua lebih kompeten dalam merawat bayi dan lebih sensitif terhadap perilaku bayi
 - d. Periode ini berlangsung sekitar 2 bulan
3. Periode pertumbuhan
 - a. Orang tua dan anak akan berkembang dalam perannya masing-masing sampai dipisahkan kematian.
 - b. Proses interaksi orang tua-anak, berlangsung seumur hidup dengan perubahan yang konsisten sepanjang perjalanan waktu (Bobak et al., 2005)

Tugas Dan Tanggung Jawab Orang Tua.

1. Orang tua harus bisa menerima kondisi anak yang sebenarnya dan tidak terbawa oleh khayalan dan impian yang dimilikinya tentang figur anak ideal. Dengan demikian orang tua harus menerima penampilan fisik, temperamen, jenis kelamin dan status fisik bayinya.
2. Orang tua perlu meyakini bahwa bayi yang baru lahir adalah seorang pribadi yang terpisah dari diri mereka yang berarti bahwa bayi merupakan individu yang memiliki kebutuhan lebih dan memerlukan perawatan
3. Orang tua harus kompeten dalam merawat bayi.
4. Orang tua harus menetapkan kriteria evaluasi yang baik dan dapat dipakai untuk menilai kesuksesan atau kegagalan hal-hal yang dilakukan pada bayi.
5. Orang tua harus menetapkan suatu tempat bagi bayi baru lahir di dalam keluarga.
6. Orang tua perlu menetapkan keunggulan hubungan dewasa mereka untuk mempertahankan keluarga sebagai suatu kelompok

Menjadi Seorang Ibu (Penyesuaian Maternal)

Menurut Rubin (1961), terdapat tiga fase pencapaian peran ibu yaitu: 1) Fase bergantung (dependen); 2) Fase bergantung-mandiri (dependen-indipenden); dan 3) fase saling bergantung (interdependen). Karakteristik fase pencapaian peran ibu dijelaskan pada tabel 6.1.

Teori “Becoming a Mother” dari Mercer (2004) menggantikan teori pencapaian peran ibu (maternal role attainment). Menjadi seorang ibu (Becoming a Mother) menunjukkan lebih dari sekedar pencapaian peran ibu, meliputi pembelajaran keahlian baru dan meningkatkan rasa percaya diri ketika ibu menemui tantangan baru dalam merawat bayinya. Terdapat empat tahap dalam proses menjadi ibu yaitu: 1) Komitmen: yaitu pembentukan ketertarikan terhadap bayi yang belum lahir, menjadi ibu selama kehamilan dan persiapan persalinan; 2) Berkenalan dengan bayi, belajar cara merawat bayi, dan pemulihan fisik selama 2-6 minggu pertama postpartum; 3) Bergerak menuju keadaan normal baru; dan 4) Mencapai identitas ibu dengan cara mendefinisikan ulang dirinya untuk menjadi ibu dalam waktu sekitar 4 bulan

(Mercer, 2004). Tiap tahap tersebut waktunya bervariasi dan dapat saling bertindihan yang dipengaruhi oleh bayi, ibu dan lingkungan sosial.

Transisi menjadi seorang ibu membutuhkan adaptasi/penyesuaian dari ibu dan keluarganya. Gangguan dapat membuat penyesuaian ibu menjadi tidak selaras. Masalah yang terjadi pada pemulihan postpartum atau melahirkan bayi berisiko tinggi dapat menambah gangguan (Lutz and May, 2007). Terdapat dua proses sosial pada transisi ibu yaitu: 1) Proses utama (keterlibatan), yaitu membuat suatu komitmen menjadi seorang ibu, aktif merawat dan merasakan kehadiran anaknya; 2) Proses sekunder yaitu ibu merasakan dirinya menjadi seorang ibu yang mengarah pada pertumbuhan dan transformasi. Selama proses ibu harus belajar bagaimana menjadi seorang ibu dan beradaptasi terhadap perubahan hubungannya dengan pasangan, keluarga dan teman-temannya (Nelson, 2003).

Tabel 6.1: Fase Penyesuaian Ibu Postpartum (Rubin, 1961)

Fase	Karakteristik
Dependen Fase <i>Taking-in</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Berlangsung dalam 24 jam pertama dengan rentang 1 sampai 2 hari 2. Berfokus pada diri dan pemenuhan dasar: <ol style="list-style-type: none"> a. Bergantung pada orang lain untuk memenuhi kebutuhan berupa kenyamanan, istirahat, kedekatan dan makanan b. Bersemangat dan aktif ketika berbicara c. Keinginan meninjau kembali pengalaman melahirkan
Dependen- independen Fase <i>Taking Hold</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dimulai pada hari ke-dua atau ketiga postpartum, dan berlangsung 10 hari sampai beberapa minggu 2. Fokus: Perawatan bayi dan kemampuan ibu untuk mengasuh: <ol style="list-style-type: none"> a. Adanya keinginan dari ibu untuk mengambil alih b. Ibu masih membutuhkan bantuan pengasuhan dan penerimaan orang lain c. Adanya keinginan belajar dan berlatih (periode optimal untuk memberikan <i>health education</i>) 3. Mengatasi ketidaknyamanan fisik dan perubahan emosi 4. Kemungkinan mengalami "<i>Blues</i>"
Interdependent Fase <i>Letting-go</i>	<p>Fokus: kemajuan interaksi antara anggota keluarga sebagai kesatuan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Penegasan kembali hubungan dengan pasangan 2. Kembalinya keintiman seksual 3. Resolusi peran individu

Postpartum “Blues”

Postpartum blues diartikan sebagai perasaan sedih, yang diikuti perasaan kesal dan cemas, dimulai pada hari ke-dua sampai ke-tiga post partum dan menghilang setelah 1 minggu atau 2 minggu *postpartum*. Postpartum blues atau “baby blues” dapat terjadi sekitar 50-80% ibu dari semua kelompok etnis dan ras. Gejala dari postpartum blues di antaranya: secara emosional ibu menjadi labil dan mudah menangis tanpa alasan yang jelas (keadaan ini mencapai puncaknya sekitar hari ke-lima dan mereda pada hari ke-sepuluh), depresi, gelisah, perasaan kecewa, insomnia, kelelahan, sakit kepala, sedih, cemas, dan marah (Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013).

Penyebab pasti postpartum blues belum diketahui, beberapa faktor yang berpengaruh adalah biokimia, faktor-faktor sosial, psikologi dan budaya. Pada masa postpartum terjadi perubahan hormon yaitu kadar glukokortikoid dalam sirkulasi darah rendah, keadaan ini yang mendasari terjadinya postpartum blues. Pada periode awal postpartum, secara psikologis ibu merasa jenuh dan banyak tanggung jawab sebagai orang tua. Ibu merasa kehilangan dukungan perawatan yang diterima dari anggota keluarga dan teman-teman selama kehamilan. Beberapa ibu juga mengalami perasaan kecewa saat persalinan dan kelahiran yang lengkap. Kelelahan postpartum dapat terjadi pada sebagian besar ibu postpartum yang diperparah tangisan bayi yang berlangsung berjam-jam sehingga memicu perasaan depresi (Lowdermilk, Perry and Cashion, 2013). Kelelahan postpartum dapat meningkatkan risiko gejala depresi postpartum dan dapat menimbulkan efek negatif terhadap pencapaian peran ibu (Corwin and Arbour, 2007).

Menjadi Seorang Ayah (Penyesuaian Paternal)

Penyesuaian pria menjadi seorang ayah, terbagi dalam empat fase, yaitu: 1) Fase awal (hubungan mendalam); 2) Fase kedua (menghadapi kenyataan); 3) Fase ketiga (mengupayakan keterlibatan ayah); dan 4) Fase akhir (mendapat suatu imbalan) (Goodman, 2005).

Pada fase awal, pria menjadi orang tua dengan niat menjadi ayah yang terlibat secara emosional (hubungan mendalam) dengan bayi. Fase kedua (periode menghadapi kenyataan) yaitu saat ayah sadar bahwa harapannya tidak sesuai dengan kenyataan terhadap bayi baru lahir yang berlangsung selama beberapa minggu pertama. Perasaan yang menyertai kenyataan ini adalah kebingungan, kesedihan, kecemburuan, frustrasi akan ketidakmampuan untuk berpartisipasi dalam memberikan susu, dan adanya keinginan yang besar untuk berpartisipasi

dalam merawat bayi. Beberapa pria merasa bahwa hubungannya dengan bayi baru lahir terbangun lebih lambat atau perlahan dibanding yang diharapkan. Dipihak lain ada beberapa ayah dengan mudah dan senang melakukan perannya secara aktif untuk melakukan perawatan bayi diluar kegiatan menyusui. Fase ketiga adalah mengupayakan keterlibatan ayah. Pada minggu pertama bersama bayi baru lahir menyebabkan ayah menetapkan prioritas baru, merubah harapannya dan menentukan perannya kembali. Ayah membangun strategi untuk menyeimbangkan antara pekerjaan, kebutuhan pasangan, kebutuhan mereka sendiri serta bayinya. Ayah semakin nyaman dengan perawatan bayi dan akan memperjuangkan pengakuan serta tanggapan positif dari pasangan, bayi dan orang lain. Fase terakhir adalah mendapatkan suatu imbalan yaitu timbal balik dengan bayi seperti senyum. Fase ini terjadi sekitar minggu ke-6 sampai 2 bulan. Peningkatan kemampuan sosial bayi dapat meningkatkan hubungan ayah dan bayi (Goodman, 2005).

Bab 7

Oksidasi Biologi dan Senyawa Berenergi Tinggi

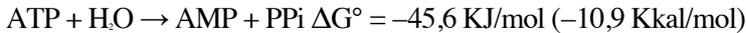
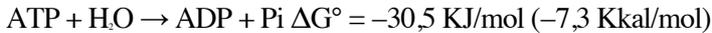
Bioenergetika adalah mempelajari tentang transformasi energi pada makhluk hidup, untuk menggambarkan bagaimana makhluk hidup mendapatkan serta mengubah energi. Dalam sistem makhluk hidup, pada saat mengonsumsi nutrisi maka ikatan kimia dalam nutrisi diputus sehingga terjadi pertukaran dan transformasi energi. Energi digunakan untuk kerja (seperti kerja mekanis) atau proses lainnya (seperti proses anabolik, sintesis molekul).

7.1 Senyawa berenergi tinggi

Energi dari sinar matahari atau makanan harus diubah menjadi energi seluler Adenosin Trifosfat (ATP) yang merupakan energi kimia sehingga dapat digunakan oleh sel untuk beraktivitas. Energi dalam bentuk molekul ATP disimpan dalam ikatan fosfatnya. Adenosin Trifosfat (ATP) adalah energi utama bagi organisme yang digunakan untuk proses metabolisme (anabolisme dan katabolisme). Prosesnya adalah mensintesis ATP dan menghidrolisis ATP menjadi ADP dan fosfat anorganik (Pi). Dalam sel, rasio konsentrasi ATP terhadap ADP dikenal sebagai "muatan energi" sel. Sel dapat menggunakan

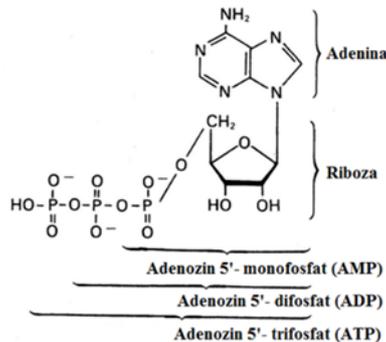
muatan energi ini untuk memenuhi kebutuhan seluler. Jika jumlah ATP lebih banyak dari ADP tersedia, maka sel dapat menggunakan ATP untuk melakukan kerja. Namun jika jumlah ADP lebih banyak daripada ATP tersedia, maka sel harus melakukan sintesis ATP melalui fosforilasi oksidatif.

Ikatan fosfat pada molekul ATP relatif lemah sehingga ketika ATP dihidrolisis akan dihasilkan adenosin difosfat (ADP) dan fosfat anorganik. Hasil reaksi hidrolisis adalah energi bebas yang akan menghasilkan pelepasan energi; ikatan fosfo-anhidrida antara gugus fosfat terminal dan sisa molekul ATP (yaitu ADP atau AMP) yang tidak mengandung energi tinggi. Bila ATP dihidrolisis menjadi ADP dan fosfat anorganik, maka akan dilepaskan entalpi 30,5 KJ/mol, serta energi bebas 3,4 KJ/mol (Gajewski, Steckler and Goldberg, 1986).



Bila ikatan suatu senyawa dihidrolisis dapat menghasilkan energi bebas minimum sebesar 7,4 Kkal/mol, maka disebut ikatan kaya energi. Senyawa yang memiliki ikatan kaya energi disebut senyawa berenergi tinggi. Contohnya: ATP; pirofosfat; asam 1, 3-difosfoglisarat; fosfoenol piruvat; kreatin fosfat; asetil-KoA.

ATP memiliki dua ikatan pirofosfat. Bila dihidrolisis masing-masing dari dua gugus fosfat terminal maka terjadi pelepasan energi lebih dari 7,4 Kkal/mol. Namun ikatan ketiga hanya menghasilkan energi 3 Kkal/mol, sehingga ini bukan ikatan energi tinggi. Proses ini terjadi pada hidrolisis ATP menjadi ADP selanjutnya AMP.



Gambar 7.1: Struktur AMP, ADP, ATP (Boyer et al., 1977)

7.2 Tahapan Respirasi Sel

Respirasi sel adalah proses oksidasi bahan makanan menggunakan oksigen di dalam sel. Respirasi sel berbeda dengan proses bernafas. Pada saat bernafas terjadi pertukaran O_2 dengan CO_2 , prosesnya terjadi di paru-paru. O_2 diangkut dari paru-paru ke jaringan, sedangkan CO_2 sebaliknya dibawa ke paru-paru untuk dibuang. Pada respirasi sel akan dihasilkan energi dalam bentuk ATP, melalui rantai transpor elektron. Proses ini melibatkan elektron untuk reaksi redoks dan menghasilkan energi. Elektron berpindah dari molekul relatif kaya energi ke molekul miskin energi. Tahapan respirasi ada 3, yaitu glikolisis, siklus Kerbs dan transpor elektron (Boyer et al., 1977).

7.2.1 Glikolisis

Glikolisis adalah tahapan katabolisme untuk memecah glukosa sehingga dihasilkan energi. Proses diawali dengan tahapan yang memerlukan energi, dan tahapan selanjutnya adalah menghasilkan energi. Glikolisis adalah proses pemecahan glukosa menjadi piruvat, menghasilkan delapan molekul ATP (setiap 1 molekul glukosa) dalam prosesnya. Piruvat adalah salah satu produk glikolisis, dan dapat diubah menjadi produk lain melalui jalur metabolisme (glukoneogenesis, dll) sesuai kebutuhan sel. Selain itu, glikolisis menghasilkan energi dalam bentuk NADH (nicotinamide adenine dinucleotide). NADH melalui respirasi sel akan menyumbangkan elektron ke rantai transpor elektron.

Proses glikolisis terjadi pada semua makhluk hidup tak terkecuali manusia. Glikolisis merupakan tahapan awal produksi energi. Pada proses ini, glukosa dioksidasi dan dihasilkan senyawa yaitu laktat dan piruvat (jalur ini disesuaikan kebutuhan sel). Tempat berlangsungnya glikolisi adalah di sitosol. Bisa dikatakan glikolisis merupakan tahapan pertama pemecahan glukosa menjadi energi. Proses glikolisis terbagi tiga tahapan:

1. Tahapan Glukosa jadi fruktosa

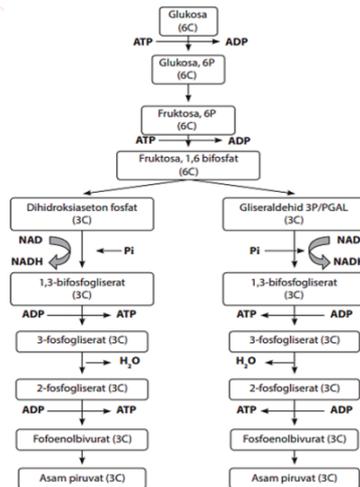
Tahapan ini ada tiga, yaitu (1) fosforilasi pertama, (2) isomerisasi, dan (3) fosforilasi kedua. Pada tahap ini akan dihasilkan produk sederhana (piruvat).

2. Fruktosa mengalami pemecahan

Fruktosa dipecah menghasilkan piruvat yang memiliki tiga atom karbon (C).

3. Pemanfaatan ATP

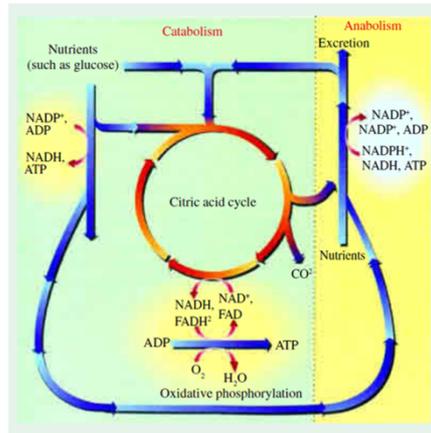
Jalur glikolisis akan menghasilkan ATP (adenosin trifosfat). ATP merupakan energi yang digunakan untuk aktivitas tubuh. Selain itu juga dihasilkan energi berupa NADH yang harus diubah terlebih dahulu menjadi ATP melalui rantai transpor elektron.



Gambar 7.2: Jalur glikolisis (Boyer et al., 1977)

7.2.2 Silus Krebs atau Siklus Asam Sitrat

Siklus glikolisis menghasilkan piruvat untuk kemudian memasuki tahapan siklus Krebs. Siklus ini membutuhkan oksigen yang dipakai sebagai pendorong reaksi, untuk kemudian menghasilkan lebih banyak energi. Siklus Krebs adalah proses respirasi seluler dimulai dari masuknya asetil koenzim-A ke dalam siklus Krebs, pertama-tama direaksikan dengan oksaloasetat untuk menghasilkan sitrat. Delapan reaksi sisanya menghasilkan metabolit yang mengandung karbon. Proses metabolisme ini dikatalisis oleh enzim dan dihasilkan energi bebas yaitu ATP/GTP, FADH₂ dan NADH. Bentuk energi FADH₂ dan NADH akan membawa elektron tereduksi kemudian dioksidasi dengan cara mentransfer elektron ke rantai transpor elektron.



Gambar 7.3: Peran transfer elektron dan produksi ATP dalam metabolisme (Boyer et al., 1977)

Fosforilasi oksidatif dan rantai transpor elektron adalah proses reduksi yang melibatkan NADH dan FADH₂ yang dapat digunakan untuk menyumbangkan elektron ke serangkaian reaksi redoks yang terjadi di kompleks rantai transpor elektron. Reaksi redoks terjadi di kompleks enzim yang terletak dalam membran mitokondria (Boyer et al., 1977). Reaksi redoks akan mentransfer elektron ke rantai transpor elektron, yaitu digabungkan dengan proton. Perbedaan konsentrasi proton antara matriks mitokondria dan ruang membran dalam digunakan untuk mendorong sintesis ATP melalui ATP sintase.

7.2.3 Rantai Transpor Elektron

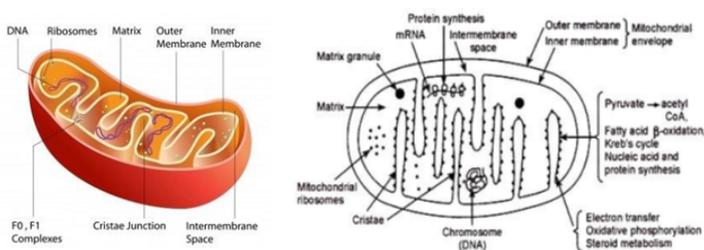
Rantai transpor elektron merupakan serangkaian reaksi yang terjadi di membran mitokondria. Rantai transpor elektron terdiri dari protein kompleks, enzim, dan molekul-molekul lainnya. Protein kompleks berperan memindahkan elektron dari donor menuju akseptor elektron melalui reaksi redoks. Pemandahan elektron menyebabkan proton (H⁺) melintasi membran. Selanjutnya elektron mengalir pada rantai transpor elektron. Reaksi redoks pada rantai transpor elektron merupakan reaksi yang bersifat eksergonik (reaksi menghasilkan energi). Energi yang dihasilkan menyebabkan terbentuk gradien elektrokimia, selanjutnya akan mendorong pembentukan ATP (Boyer et al., 1977).

Pergerakan elektron dari potensial redoks rendah menuju yang tinggi, disertai pelepasan elektron dan dihasilkan energi. Selanjutnya energi yang dihasilkan akan ditangkap oleh kompleks protein yang ada pada rantai transpor elektron. Protein kompleks menggunakan energi dari proses sebelumnya untuk melepaskan proton sehingga terjadi gradien konsentrasi proton pada ruang antara membran. Gradien merupakan kondisi yang tidak stabil, untuk menstabilkan maka proton di antara kedua sisi membran jumlahnya harus sama. Oleh karena itulah proton yang di pompa ke luar akan masuk kembali ke dalam dengan bantuan enzim ATP sintase (Gerasimovskaya and Kaczmarek, 2010).

7.3 Mitokondria

Mitokondria adalah organel sitoplasma yang dimiliki oleh sebagian besar sel makhluk hidup. Namun di beberapa sel, mitokondria akan hilang pada akhir perkembangan sel, seperti pada sel darah merah, elemen floem. Mitondria merupakan tempat terjadinya proses metabolisme. Organ ini sangat penting dalam sel karena di organ ini dihasilkan energi biologis untuk memenuhi kebutuhan sel.

Mitokondria memiliki diameter 0,5 hingga 1,0 mikrometer. Strukturnya berbentuk batang, dan memiliki membran ganda (bilayer). Penyusun membran mitokondria adalah fosfolipid dan protein.



Gambar 7.4: Struktur mitokondria (Boyer et al., 1977)

Mitokondria sering dikatakan sebagai sumber energi bagi sel. Bentuk energi yang dihasilkan adalah adenosin trifosfat (ATP). Fungsi mitokondria tergantung pada jenis sel di mana berada. Fungsi mitokondria antara lain membantu menjaga jumlah ion kalsium dalam sel, menyusun bagian darah,

komponen hormon seperti testosteron dan estrogen, mendetoksifikasi ammonia dalam sel hati. Selain itu Mitokondria berperan dalam proses apoptosis atau kematian sel, akibat disfungsi mitokondria akan berpengaruh terhadap fungsi organ dan menyebabkan kematian sel secara tidak normal. Mitokondria merupakan bagian integral untuk fungsi sel normal karena bertanggung jawab memproduksi energi, termasuk sintesis fosfolipid dan heme (Duchen, 2000). Perubahan fungsi mitokondria sering dikaitkan dengan penyakit termasuk gangguan endokrin misal diabetes melitus.

Proses mitokondria menghasilkan energi, dimulai molekul nutrisi yang lebih sederhana masuk ke dalam mitokondria, selanjutnya dihasilkan molekul bermuatan berasal dari produk siklus asam sitrat, oksidasi asam lemak, dan oksidasi asam amino (Ryan and Hoogenraad, 2007). Selanjutnya molekul ini akan bergabung dengan oksigen dan hasil akhirnya adalah ATP (bentuk energi). Proses ini disebut fosforilasi oksidatif.

Pada membran dalam mitokondria, elektron dari NADH dan FADH₂ akan melewati rantai transpor elektron menuju oksigen. Rantai transpor elektron terdiri dari rangkaian donor dan akseptor elektron. Mekanisme kerja donor elektron yaitu memberikan elektron ke akseptor yang lebih elektronegatif, selanjutnya elektron tersebut disumbangkan ke akseptor selanjutnya. Proses ini berlanjut hingga elektron sampai ke oksigen yang merupakan terminal rantai transpor elektron. Rangkaian transpot elektron dalam prosesnya menghasilkan gradien proton, dan disertai pelepasan energi. Gradien proton secara aktif “memompa” proton ke dalam ruang antar membran melintasi membran. Seluruh proses ini disebut fosforilasi oksidatif, karena ADP difosforilasi menjadi ATP menggunakan energi dari proses oksidasi hidrogen (Boyer et al., 1977).

Kehidupan adalah proses eksergonik yang membutuhkan energi untuk semua proses metabolisme. Organisme aerobik, termasuk manusia, hewan, tumbuhan, dan jamur, menggunakan energi hasil reaksi oksihidrogen ($2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$; $\Delta G^\circ = -193 \text{ KJ/mol}$ untuk mendorong sintesis ATP dari ADP dan fosfat (Ryan and Hoogenraad, 2007).

7.4 Oksidasi Biologi

Oksidasi biologi adalah proses menghasilkan energi yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup, proses ini membutuhkan oksigen. Oksidasi biologi sering dikatakan sebagai pembakaran zat makanan yang melibatkan oksigen. Bagaimana terjadinya oksidasi biologi? Terjadinya oksidasi biologi karena sel dengan adanya oksigen akan melepaskan elektron atau ion hidrogen dari suatu zat biologi (glukosa, lemak, protein)). Hasil reaksi ini adalah karbondioksida, air, dan energi ATP. Reaksi oksidasi biologi berkaitan dengan proses respirasi di mitokondria (Ryan and Hoogenraad, 2007). Respirasi adalah proses pembentukan adenosine trifosfat (ATP) sebagai sumber energi. Proses ini melalui fosforilasi oksidasi, dengan melibatkan hidrogen dan oksigen yang akan menghasilkan air.

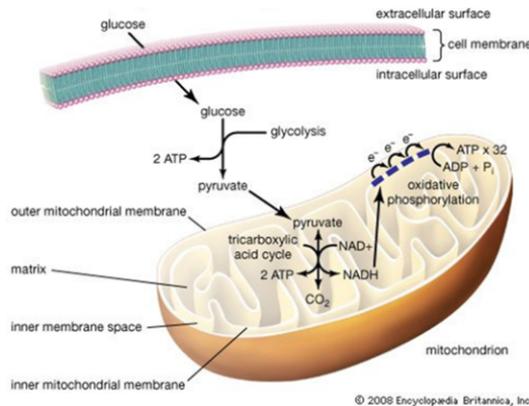
Pada reaksi oksidasi akan terjadi peningkatan bilangan oksidasi serta turunnya elektron. Ada yang menyatakan reaksi oksidasi adalah reaksi pengikatan oksigen pada suatu zat. Oksigen diperlukan untuk proses metabolisme oleh organisme aerob, termasuk manusia atau binatang tingkat tinggi. Hasil proses metabolisme pada sistem biokimiawi, sering disebut oksidasi biologi. Meskipun oksidasi biologi dapat terjadi tanpa oksigen, namun semua hewan tingkat tinggi memerlukan suplai oksigen.

7.5 Fosforilasi Oksidasi

Fosforilasi oksidatif adalah lintasan metabolisme (oksidasi biologis pada substrat) yang menghasilkan energi yaitu ATP, disertai reduksi gas oksigen menjadi air (Boyer et al., 1977). Hampir semua organisme melakukan proses fosforilasi oksidatif untuk mendapatkan ATP. Oksidasi biologis merupakan proses transformasi oksidasi-reduksi zat dalam organisme hidup. Reaksi oksidasi-reduksi adalah reaksi yang melibatkan perubahan bilangan oksidasi akibat distribusi elektron. Oksidasi biologis dikatalisis oleh enzim, koenzim dan/atau protein pembawa elektron.

Mitokondria menghasilkan ATP dari hasil glikolisis dan siklus Krebs, serta hasil pengubahan NADH dan FADH₂ oleh transpor rantai elektron. Pengubahan NADH dan FADH₂ terjadi di membran mitokondria melalui mekanisme pelepasan elektron dari NADH dan FADH₂, selanjutnya akan

masuk ke rantai transpor elektron, dan bertemu oksigen. Pada proses ini terjadi penangkapan elektron oleh oksigen dan direduksi menghasilkan air. Rantai transpor elektron melibatkan beberapa enzim/koenzim yang berperan sebagai donor atau akseptor elektron. Donor akan memberikan elektron kepada akseptor (bersifat elektronegatif), selanjutnya akseptor akan memindahkan elektron ke akseptor lainnya. Proses ini berulang terus sampai elektronditerima oksigen. Proses ini terjadi bersamaan dengan pemompa proton dari matriks mitokondria menuju ruang antar-membran, sehingga tercipta gradien proton. Gradien proton akan mendorong sintesis ATP.



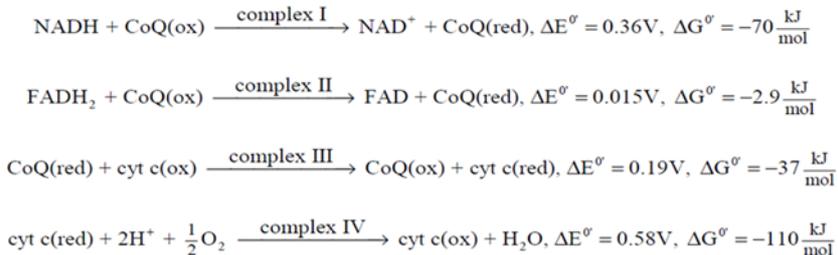
Gambar 7.5: Produksi ATP dalam mitokondria (Boyer et al., 1977)

Perpindahan elektron dari substrat ke molekul oksigen melalui rantai pembawa elektron disebut rantai transpor elektron atau rantai respirasi. Komponen rantai transpor elektron adalah rangkaian enzim/koenzim/kompleks protein yang akan mengalirkan elektron. Terdapat empat kompleks protein yang sudah teridentifikasi pada rantai transpor elektron. Kompleks protein ini merupakan struktur transmembran yang berada pada membran dalam mitokondria. Tiga di antara kompleks protein merupakan pompa proton. Keempat kompleks protein saling terhubung dengan karier elektron yang bersifat hidrofobik dan bersifat hidrofilik (Berg, 2020).

Rantai respirasi atau rantai transpor elektron terdiri dari serangkaian protein dengan gugus prostetik yang terikat erat untuk menerima dan menyumbangkan elektron. Setiap komponen rantai dapat menerima elektron dari komponen sebelumnya dan selanjutnya mentransfer elektron ke komponen berikutnya, dalam urutan tertentu. Elektron memasuki rantai

transpor elektron selanjutnya dan berjalan menuju oksigen, sehingga akan menjadi molekul kaya akan energi. Sebagian besar energi ini disimpan dalam bentuk ATP di bagian dalam membran mitokondria. Saat setiap pasangan elektron melewati rantai respirasi dari NADH ke oksigen, maka akan disintesis 3 mol ATP dari ADP dan fosfat melalui fosforilasi oksidatif (Boyer et al., 1977).

ATP dihasilkan dari oksidasi NADH dan FADH₂ oleh rantai transpor elektron. Rantai transpor elektron terdiri dari empat protein kompleks dan tunggal rantai protein sitokrom c yang dilalui elektron dari standar rendah ke standar tinggi potensi redoks. Elektron dibawa dari kompleks I dan II ke kompleks III pada membran (lipid bilayer) oleh koenzim Q. Selanjutnya pada kompleks III dan IV transpor elektron dibantu oleh sitokrom protein membran perifer c. Gambar berikut adalah reaksi keseluruhannya yang dikatalisis oleh kompleks protein yang sesuai dalam rantai transpor elektron mitokondria.

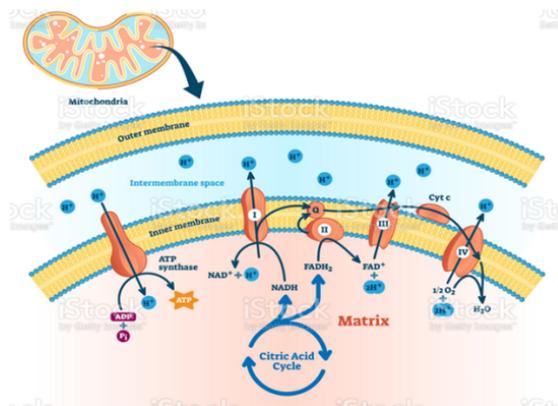


Gambar 7.6: Reaksi menghasilkan ATP dari oksidasi NADH dan FADH₂ (Boyer et al., 1977)

Membran mitokondria mengandung serangkaian enzim yang terlibat dalam transfer elektron dan hidrogen. Elektron mengalir melalui rantai transpor elektron secara bertahap dari potensial redoks yang lebih rendah ke potensial redoks yang lebih tinggi. Sejumlah energi dibebaskan dengan transfer elektron dari satu komponen ke komponen lainnya. Setiap kali terjadi pelepasan energi 7,4 Kkal atau lebih, maka terjadi pembentukan ATP. NADH membentuk 3 ATP sedangkan FADH₂ hanya membentuk 2 saat memasuki rantai transpor elektron bertempat di luar tempat pertama pembentukan ATP.

Tiga tempat pembentukan ATP pada rantai transpor elektron atau rantai pernafasan adalah (Boyer et al., 1977):

1. Antara NADH dehidrogenase (flavoprotein) dan ubiquinone (koenzim Q).
2. Antara sitokrom-b dan sitokrom-c1.
3. Antara sitokrom-a dan sitokrom-a3 (sitokrom oksidase)



Gambar 7.7: Kopling Fosforilasi Oksidatif dengan Transpor Elektron (Boyer et al., 1977)

Kompleks I

Dalam kompleks I (NADH dehidrogenase, juga disebut NADH:ubiquinone oxidoreductase; EC 1.6.5.3) dua elektron dikeluarkan dari NADH dan ditransfer ke pembawa yang larut dalam lemak, ubiquinone (Q). Produk tereduksi, ubiquinol (QH₂) berdifusi bebas di dalam membran, dan kompleks I mentranslokasi empat proton (H⁺) melintasi membran, sehingga menghasilkan gradien proton.

NADH dioksidasi menjadi NAD⁺ dalam satu langkah, melibatkan 2 elektron bersamaan dengan reduksi flavin mononukleotida menjadi FMNH₂. Selanjutnya FMNH₂ dioksidasi dalam dua tahap, melalui zat antara semiquinon. Setiap elektron berpindah dari FMNH₂ ke kluster Fe-S, dari kluster Fe-S ke ubiquinone (Q). Perpindahan elektron pertama menghasilkan bentuk radikal bebas (semiquinon) Q, dan perpindahan elektron kedua mereduksi bentuk semiquinon menjadi bentuk ubiquinol, QH₂. Selama proses

ini, empat proton dipindahkan dari matriks mitokondria ke ruang antar membran.

Kompleks II

Dalam kompleks II (suksinat dehidrogenase; EC 1.3.5.1) elektron tambahan dikirim ke kuinon (Q) yang berasal dari suksinat dan ditransfer (melalui FAD) ke Q. Kompleks II terdiri dari empat subunit protein. Donor elektron lainnya (misalnya asam lemak dan gliserol 3-fosfat) juga mengarahkan elektron ke Q (melalui FADH₂).

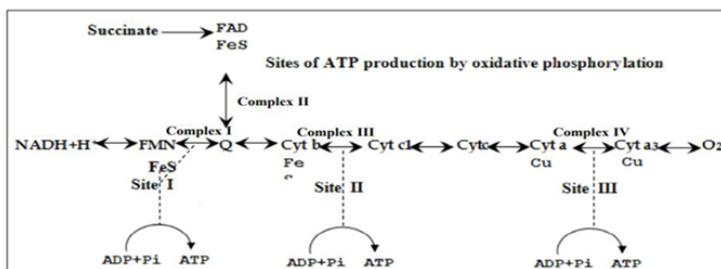
Kompleks III

Dalam kompleks III (kompleks sitokrom bc₁; EC 1.10.2.2), siklus Q berkontribusi terhadap gradien proton melalui penyerapan/pelepasan proton yang asimetris. Dua elektron dikeluarkan dari QH₂ dan secara berurutan ditransfer ke dua molekul sitokrom c, pembawa elektron yang larut dalam air yang terletak di dalam ruang antarmembran. Dua elektron lainnya secara berurutan melewati protein ke situs Q di mana bagian kuinon dari ubiquinon direduksi menjadi kuinol. Gradien proton dibentuk oleh oksidasi dua kuinol (4H⁺ + 4e⁻) di situs Q untuk membentuk satu kuinol (2H⁺ + 2e⁻) di situs Q. Total enam proton ditranslokasi: dua proton mereduksi kuinon menjadi kuinol dan empat proton dilepaskan dari dua molekul ubiquinol.

Kompleks IV

Dalam kompleks IV (sitokrom c oksidase; EC 1.9.3.1), kadang-kadang disebut sitokrom A₃, empat elektron dikeluarkan dari empat molekul sitokrom c dan ditransfer ke molekul oksigen, menghasilkan dua molekul air. Pada saat bersamaan, empat proton ditranslokasi melintasi membran, kondisi ini berkontribusi terhadap gradien proton. Aktivitas sitokrom c oksidase dapat dihambat oleh sianida.

Ubiquinone adalah penghubung antara kompleks I, II dan III, dan penghubung sitokrom c kompleks. Adanya CoQ dan sitokrom c, menunjukkan semua oksidoreduksi pada sistem transpor elektron terjadi di mitokondria. Jadi, kompleks I dan kompleks III menyusun kembali NADH mitokondria ke sitokrom c (oksidoreduktase). Selanjutnya kompleks II, kompleks III, suksinat mitokondria dan sitokrom c (oksidoreduktase) masuk ke kompleks IV, dengan bantuan enzim suksinat oksidase.



Gambar 7.8: Komponen rantai transpor elektron, potensial redoks dan urutannya (Boyer et al., 1977)

7.6 Inhibitor Proses Fosforilasi Oksidatif

Beberapa zat telah teridentifikasi dapat menghambat rantai pernafasan, yaitu menghambat proses fosforilasi oksidatif. Meskipun hanya menghambat satu enzim/koenzim/protein dalam rantai transpor elektron, namun penghambatan pada salah satu tahap pada proses dapat menghentikan proses selanjutnya. Misalnya, jika oligomisin menghambat ATP sintase, maka masuknya kembali proton ke mitokondria akan terganggu. Akibat selanjutnya pompa proton tidak dapat bekerja dan berimbas pada gradien proton, sehingga NADH tidak teroksidasi dan siklus asam sitrat akan berhenti berjalan.

Klasifikasi inhibitor pada rantai pernafasan yaitu: 1) inhibitor rantai pernafasan; 2) inhibitor fosforilasi oksidatif; 3) inhibitor 'uncoupler' pada fosforilasi oksidatif. Golongan senyawa barbiturate merupakan inhibitor rantai respirasi dengan cara menghambat perpindahan elektron dari Fe-S ke Q, sehingga mengakibatkan kematian. Amobarbital menghambat transfer elektron pada kompleks I rantai transpor elektron. Antimisin A dan dimercaprol dapat menghambat rantai transpor elektron pada kompleks III. Gas beracun (H_2S , CO, dan sianida) diketahui dapat melakukan penghambatan kompleks IV rantai transpor elektron.

Senyawa yang merupakan inhibitor fosforilasi oksidatif, adalah malonat dengan cara menginhibisi kompetitif pada kompleks II rantai transpor elektron. Diketahui atraktosida dapat menyebabkan penghambatan proses fosforilasi oksidatif dengan cara menghambat perpindahan di mitokondria yaitu ADP (untuk masuk) dan ATP (untuk keluar). Golongan antibiotik oligomisin dapat

menghambat fosforilasi oksidatif dengan cara menutup aliran proton untuk masuk ke ATPsintase (Cross and Kohlbrenner, 1978).

Protein uncoupler adalah protein yang berfungsi mengatur transpor proton dari sitosol ke matriks protein pada membran mitokondria. Protein uncoupler menghambat pembentukan ATP melalui penghambatan pembentukan gradien proton (Terada, 1990). Diketahui termogenin merupakan protein uncoupler, ditemukan pada jaringan adiposa, dan menimbulkan efek terutama pada bayi baru lahir. Selain itu ditemukan molekul 2,4-dinitrofenol yang dapat menimbulkan aksi uncoupler yang sama.

Tabel 7.1: Efek zat kimia pada fosforilasi oksidatif (Reed and Lardy, 1975)

Zat kimia	Penggunaan	Efek pada fosforilasi oksidatif
Cyanide carbon monoxide azide	Racun	Zat ini mengikat lebih kuat dibandingkan oksigen dengan Fe-Cu di sitokrom c oksidase, sehingga mengganggu proses transpor elektron. Akibatnya reduksi oksigen terhambat.
Oligomycin	Antibiotik	Menghalangi aliran proton sehingga menghambat aktivitas ATP sintase
CCCP 2,4-dinitrophenol	Racun	Keberadaan ionofor memengaruhi gradien proton sehingga mengganggu pemompaan proton pada sintesis ATP.
Rotenone	Pestisida	Memblokir pengikatan ubiquinone, sehingga mengganggu transfer elektron dari kompleks I ke ubiquinone di rantai transport elektron.

7.7 ROS (Reactive Oxygen Species)

Reactive Oxygen Species (ROS) adalah radikal yang terbentuk saat respirasi seluler, penyebabnya adalah reduksi molekul O_2 yang tidak sempurna. Pembentukan ROS dapat mengakibatkan kerusakan sel, dengan cara menginduksi pembentukan peroksidasi lipid (yang bersifat sitotoksik) (Agarwal et al., 2014). ROS berbahaya bagi tubuh karena dapat mengoksidasi membran sel.

ROS di kelompok menjadi kelompok radikal bebas dan kelompok non radikal. Kelompok radikal bebas contohnya superoksida anion (O_2^-), radikal hidroksil (OH) dan radikal eroksil (RO \cdot). Contoh ROS yang termasuk non radikal yaitu

hidrogen peroksida (H_2O_2), organik peroksida (ROOH) (Halliwell and Whiteman, 2004).

ROS dapat terbentuk selama reaksi oksidasi fosforilasi dalam rantai transpor elektron sebagai produk samping. Kondisi ini terjadi karena pada proses pembentukan ATP dibutuhkan oksigen, namun tidak semua O_2 berreaksi dengan hidrogen untuk membentuk air, sehingga 4-5% oksigen akan berubah menjadi radikal bebas yang merupakan produk samping (Marciniak et al., 2009).

Pembentukan ROS:



Adanya enzim superoxide dismutase dan katalase maka akan menetralkan superoksida:



Anion superoksida merupakan produk samping metabolisme seluler yang merupakan sumber ROS (Waris and Ahsan, 2006). Superoksida dapat dikonversi menjadi hidrogen peroksida oleh enzim SOD, selanjutnya hidrogen peroksida diubah jadi air oleh enzim GPx atau Catalase (CAT). Namun bisa saja reaksi ini tidak berlangsung, akibatnya hidrogen peroksida mengalami reaksi Fenton's karena keberadaan ion Fe^{2+} sehingga dihasilkan radikal hidrosil yang efeknya lebih merusak sel. Tempat utama produksi superoksida adalah kompleks I dan III (pada rantai transpor elektron). Superoksida yang terbentuk di dalam mitokondria dapat dihilangkan/dikurangi oleh enzim MnSOD. Sebagian O_2^\cdot yang dihasilkan dapat dihilangkan oleh enzim CuZnSOD (Negri, Faris and Moccia, 2021).

DNA, lipid dan protein adalah jaringan/komponen sel yang dapat mengalami kerusakan akibat ROS. Radikal bebas diketahui menimbulkan peroksidasi lipid pada membran sel, mutasi DNA yang bisa diturunkan dan apoptosis. Interaksi ROS dengan basa nitrogen DNA menyebabkan perubahan struktur DNA, bila tidak dapat diperbaiki berakibat terjadi mutasi DNA, selain itu kerusakan DNA di sel somatik dapat menginisiasi keganasan (bisa menyebabkan kanker) (Agarwal et al., 2014).

Apabila radikal bebas bereaksi dengan PUFA (Poly Unsaturated Fatty Acids) maka mengakibatkan kerusakan oksidatif. Kondisi ini dapat dideteksi dari

produk yang dihasilkannya antara lain MDA (Malondialdehyde), lipid hidroperoksida, isoprostan (Marciniak et al., 2009). Peroksidasi lipid menginisiasi reaksi berantai yang berakibat PUFA teroksidasi. Diketahui PUFA lebih rentan dibandingkan asam lemak jenuh bila bereaksi dengan radikal bebas (Sinaga, 2016).

Bab 8

Siklus Asam Sitrat pada Metabolisme Karbohidrat, Lipid dan Protein

8.1 Definisi Metabolisme dan Jalur Metabolisme

Kata "metabolisme" berasal dari bahasa Yunani *metabolismos* yang memiliki arti 'perubahan'. Secara istilah, metabolisme merupakan proses kompleks yang melibatkan berbagai jalur lintasan reaksi kimia (Syahrizal, Puspita and Marisa, 2020). Dalam ilmu kimia, metabolisme bertujuan untuk menjelaskan seluruh perubahan zat-zat kimia di dalam tubuh dengan jalur-jalur reaksi kimia yang terlibat, mekanisme pengaturan reaksi-reaksi kimia, serta jalur perubahan dan transpor zat-zat kimia dalam suatu proses reaksi.

Berdasarkan reaksi kimia yang terlibat dan hasil akhir dari proses metabolisme, jalur metabolisme dikategorikan ke dalam tiga kelompok sebagai berikut:

1. Anabolisme, yaitu jalur sintesis atau pembentukan senyawa kompleks dari reaksi kimia yang melibatkan senyawa-senyawa sederhana. Anabolisme akan menghasilkan senyawa baru yang akan digunakan untuk proses-proses penting di dalam tubuh. Reaksi-reaksi anabolisme tentunya memerlukan asupan energi (ATP) sehingga bersifat endotermik. Contoh: sintesis protein dari asam amino; proses fotosintesis; dan sintesis DNA zat pati asam amino.
2. Katabolisme, yaitu jalur pemecahan suatu senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana dengan melepaskan sejumlah energi, seperti ATP, sehingga dikenal sebagai eksotermik. Secara umum, jalur katabolisme melibatkan reaksi-reaksi oksidasi melalui jalur pernapasan. Contoh reaksi katabolisme adalah pemecahan karbohidrat untuk menghasilkan energi.
3. Reaksi amfibolik, yaitu jalur amfibolik dalam proses metabolisme yang menjadi jembatan antara lintasan anabolisme dan katabolisme. Contoh dari reaksi ini adalah siklus asam nitrat.

8.2 Metabolisme Karbohidrat

Karbohidrat dibentuk dari satuan-satuan gula atau disebut sakarida. Sekumpulan sakarida-sakarida membentuk karbohidrat melalui reaksi pelepasan molekul air dan membentuk rangkaian polimer (Sumbono, 2021). Karbohidrat merupakan sumber energi yang utama bagi tubuh dan merupakan zat gizi yang terdapat dalam makanan terdiri dari unsur Karbon (C), Hidrogen (H), dan Oksigen (O). Metabolisme karbohidrat adalah proses kimia yang berlangsung dalam tubuh makhluk hidup untuk mengolah karbohidrat yang mencakup reaksi pemecahan (katabolisme) dan reaksi pembentukan (anabolisme) (Susanti and Firdayanti, 2021).

Pada metabolisme karbohidrat terdapat berbagai jalur reaksi biokimia, antara lain yaitu glikolisis, oksidasi piruvat, dan siklus asam sitrat. Ketiga jalur metabolisme ini merupakan jalur reaksi oksidasi glukosa yang berperan penting sebagai jalur penghasil energi. Hasil pencernaan makan berupa glukosa akan diserap dan masuk dalam darah. Selanjutnya glukosa akan

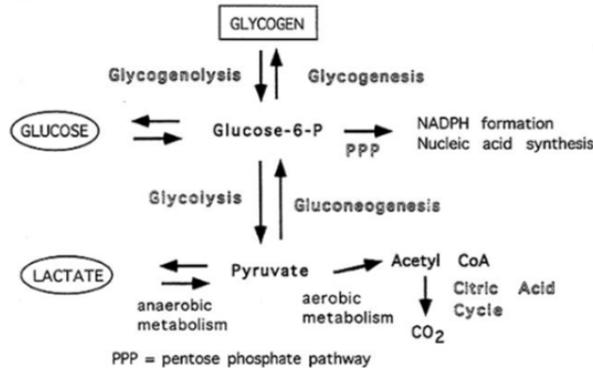
didistribusikan ke seluruh tubuh, terutama ke otak, serta hati, otot, sel darah merah, ginjal, jaringan lemak dan ke jaringan lainnya. Tubuh sangat membutuhkan glukosa terutama untuk menghasilkan energi (Firani, 2017).

Tubuh manusia juga bisa menghasilkan glukosa dari senyawa non karbohidrat, antara lain lemak (gliserol) serta laktat, melalui reaksi glukoneogenesis. Glukoneogenesis merupakan upaya tubuh untuk meningkatkan kadar glukosa dalam darah. Sebagian besar proses glukoneogenesis terjadi di hati, sehingga bila terjadi penyakit hati yang berat, dapat terjadi gangguan proses glukoneogenesis yang mengakibatkan penurunan kadar glukosa darah.

Sebagian glukosa yang masuk ke dalam hati dan otot skeletal akan diubah menjadi glikogen, melalui proses glikogenesis. Glikogen merupakan simpanan karbohidrat di hati dan otot skeletal yang berperan sebagai cadangan energi saat tidak ada asupan makanan. Apabila diperlukan, maka glikogen akan dipecah melalui proses glikogenolisis, untuk menghasilkan glukosa sebagai sumber energi. Glukosa di hati sebagian juga diubah menjadi asam glukoronat melalui jalur uronat. Asam glukoronat ini berperan penting untuk proses konjugasi bilirubin. Bilirubin yang terkonjugasi menyebabkan bilirubin menjadi larut dalam air, sehingga dapat diekskresikan ke dalam usus melalui saluran empedu.

Di jaringan lemak, glukosa dapat diubah menjadi lemak berupa triasilgliserol. Melalui jalur glikolisis akan menghasilkan dihidroksiaseton fosfat, yang selanjutnya diubah oleh enzim gliserol-3-fosfat dehidrogenase menjadi gliserol-3-fosfat, yang merupakan bahan baku sintesis triasil gliserol. Triasil gliserol merupakan cadangan energi yang ditimbun dalam jaringan lemak. Oleh karena itu, kelebihan makan makanan yang mengandung karbohidrat juga memicu kegemukan, akibat timbunan triasil gliserol di jaringan lemak.

Glukosa bisa diubah menjadi fruktosa, melalui reaksi yang menghasilkan sorbitol terlebih dahulu, yang dikatalisis oleh enzim sorbitol dehidrogenase. Jalur reaksi ini terutama meningkat pada kondisi penyakit tertentu, yaitu diabetes melitus. Peningkatan sorbitol mendasari timbulnya berbagai komplikasi pada penyakit diabetes melitus. Glukosa juga dibutuhkan untuk sintesis laktosa. Jalur reaksi ini sangat penting untuk wanita yang sedang menyusui. Sebaliknya, galaktosa yang berasal dari pencernaan laktosa bisa diubah menjadi glukosa di hati.



Gambar 8.1: Jalur Metabolisme Karbohidrat

8.3 Metabolisme Lipid

Lipid adalah senyawa yang mengandung karbon dan hidrogen yang hidrofobik atau larut dalam pelarut organik dan merupakan simpanan energi bagi manusia dan hewan (Susanti and Firdayanti, 2021). Lipid diangkut dalam darah dalam bentuk kompleks yang terdiri dari senyawa lipid nonpolar (triasilgliserol), lipid amfipatik (kolesterol) dan protein (apolipoprotein) yang disebut lipoprotein. Komponen lipid utama yang sering ditemukan dalam plasma adalah trigliserida, kolesterol dan fosfolipid.

Lipid merupakan salah satu makro molekul heterogen yang sangat berperan dalam fungsi biologis pada organisme. Fungsi utama lipid berkaitan dengan pembentukan membran biologis (fosfolipid dan kolesterol), penyimpanan dan transportasi energi (triasilgliserol), makromolekul pengikat glikolipid, sinyal hormon steroid dan salah satu sumber utama metabolisme asam lemak, keton dan vitamin D. Lipid memiliki sifat tidak larut air dan larut dalam pelarut non polar misalnya eter dan kloroform. Lipid secara biomedis tidak hanya sebagai sumber energi tetapi juga memiliki sifat esensial misalnya terdapat kandungan vitamin larut lemak serta mikronutrien lipofilik lainnya. Suplementasi asam lemak esensial dapat memberikan manfaat dalam mengobati penyakit kardiovaskular, rematoid arthritis, dan demensia. Sebagian besar asam lemak yang dibutuhkan manusia dapat diperoleh melalui makanan dan asam lemak tersebut sangat berperan dalam jaringan sel untuk mengubah sebagian

kelebihan gula dalam tubuh untuk pembentukan molekul lipid. Hubungan antara gula dan asam lemak/lipid pada proses metabolisme terlihat pada asetil koenzim A (CoA), yang menjadi perantara antara proses glikolisis dan siklus asam sitrat (Gambar 8.2). Proses sintesis lipid pertama kali dalam tubuh diawali dengan penambahan gugus karboksil (CO_2^-), yang diperoleh dari senyawa bikarbonat (HCO_3^-) lalu asetil-KoA terkarboksilase dan menghasilkan malonil-KoA. Proses karboksilase pada Asetil-KoA sangat bergantung pada jumlah ATP yang memerlukan kofaktor Mn^{2+} dan biotin sebagai elemen aktivasi.

Meskipun reaksi sintesis lipid cukup sederhana, namun proses produksi energi yang bersumber dari karbohidrat untuk menghasilkan molekul lipid mencerminkan beberapa prinsip penting secara biologis yang terdapat pada metabolisme secara umum pada manusia. Enzim yang mengkatalisis reaksi ini ialah asetil-KoA karboksilase yang merupakan enzim sederhana dan cenderung membutuhkan kofaktor untuk aktivasi. Ketika kondisi konsentrasi sitrat tinggi (siklus asam sitrat) dan kelimpahan glukosa, maka secara biologis asetil-KoA karboksilase akan memerlukan kofaktor (Mn^{2+} dan biotin) untuk membentuk polimer enzimatis yang aktif dan dapat melakukan aktivitas katalisnya. Reaksi yang dihasilkan dari proses ini dapat meningkatkan sitrat dalam mensintesis asam lemak ketika tubuh memiliki banyak energi dan perlu menyimpan cadangan energi agar lebih efisien. Namun, apabila simpanan lipid yang cukup tinggi dalam tubuh yang juga berbanding positif dengan peningkatan konsentrasi palmitol-CoA, maka dapat menurunkan sintesis asam lemak melalui proses depolimerisasi secara enzimatis.

Glukogen merupakan salah satu hormon yang mendorong pemecahan glikogen menjadi glukosa, dan/atau epinefrin. Hormon tersebut dilepaskan saat stres dan saat kebutuhan energi tubuh lebih tinggi. Kondisi ini dapat mengaktifkan fosforilasi asetil-KoA karboksilase dan berdampak terhadap penghambatan sintesis asam lemak. Disisi lain, keterlibatan hormon insulin dapat mendorong penyerapan dan penyimpanan gula sehingga menyebabkan defosforilasi yang dapat meningkatkan produksi malonil KoA. Jika mengamati proses pembentukan malonil-KoA, proses ini umumnya terjadi pada sitoplasma yang dibantu oleh sintase asam lemak. Sintase asam lemak merupakan protein multi-enzim yang membantu proses katalisis pembentukan asam lemak. Berdasarkan strukturnya sintase asam lemak terdiri atas dua polipeptida tertentu dengan rata-rata berat molekul polipeptida mencapai 272 kDa. Fungsi utama keterlibatan sintase asam lemak ialah pembentukan asam

lemak palmitat (C16:0), ATP dan NADPH yang bersumber dari asetil-KoA dan melonil-KoA. Proses dasar pembentukan asam lemak bergantung pada kofaktor nikotinamida adenin dinukleotida fosfat (NADPH). Reaksi pembentukan tersebut terjadi di retikulum endoplasma melalui proses empat langkah yang dikatalis oleh enzim elongase yang terus memanfaatkan NADPH sebagai sumber energi dalam sintesis asam lemak.

Penambahan ikatan rangkap asam lemak juga terjadi pada mitokondria (tergantung ketersediaan NADH). Proses pembentukan asam lemak pada mitokondria dibantu oleh enzim desaturasi (Gambar 5b). Sintesis asam lemak pada tubuh manusia terjadi di hati, jaringan adiposa, ginjal, otak, dan kelenjar susu. Selain itu, jaringan adiposa berperan dalam penyimpanan lipid dalam bentuk molekul triasilgliserol. Keberadaan triasilgliserol lebih efektif dalam menyimpan 9 kilokalori energi per gram (kkal/g) dibandingkan karbohidrat yang hanya mampu menyimpan 4 kkal/g.

8.4 Metabolisme Protein

Protein merupakan salah satu makromolekul penting di dalam sel yang mempunyai struktur berupa rangkaian asam amino (Sismindari et al., 2021). Protein merupakan molekul yang sangat besar. Secara umum protein terdiri dari 20 jenis unit penyusun yang disebut dengan asam amino (Palawe, 2020). Protein merupakan rangkaian asam amino dengan ikatan peptide. Tiga per empat zat padat tubuh terdiri dari protein (otot, enzim, protein plasma, antibody, hormon). Protein dapat memerankan fungsi sebagai bahan structural karena seperti halnya polimer lain, protein memiliki rantai yang panjang dan juga dapat mengalami cross-linking dan lain-lain (Suprayitno and Sulistiyati, 2017).

Protein memiliki beberapa struktur antara lain: struktur primer, sekunder, tersier, dan kuartener (Sismindari et al., 2021).

1. Struktur primer merupakan struktur protein dengan rangkaian asam amino yang linier dan dihubungkan oleh ikatan kovalen
2. Struktur sekunder merupakan struktur protein dengan pola struktur reguler atau mengalami pelipatan (folded pattern), yang merupakan short-range non-covalent interaction.

3. Struktur tersier merupakan struktur protein dengan struktur tiga dimensi, long-range non-covalent interaction.
4. Struktur kuaterner merupakan struktur protein yang terdiri atas lebih dari satu polipeptida (lebih dari satu subunit).

Metabolisme protein terjadi dalam dua fase, yaitu anabolisme dan katabolisme. Anabolisme adalah proses perubahan asam amino menjadi protein. Sedangkan, katabolisme adalah proses pemecahan protein menjadi asam amino. Metabolisme protein menghubungkan kedua proses ini sehingga tubuh dapat menghasilkan energi dan memperbaiki sel-sel yang rusak.

Proses metabolisme protein mulai saat makanan masuk ke dalam perut. Pertama, ketika makanan masuk ke dalam perut, enzim pepsin akan memutuskan ikatan peptida pada sisi NH_2 dari asam amino aromatik (fenilalanin, tirosin, dan triptofan), asam amino hidrofobik (leusin, isoleusin, dan metionin), dan dikarboksilat (glutamat dan aspartat) untuk mencerna protein. Karena proses ini membutuhkan pH yang ideal, pemutusan ikatan peptida ini hanya dapat terjadi di lambung yang memiliki lingkungan asam. Enzim yang dapat memutuskan ikatan protein tidak dapat berfungsi setelah makanan mencapai usus besar karena tingginya pH.

Metabolisme protein kemudian berlanjut di usus halus, yakni saat pankreas mensekresi tripsin, kemotripsin, dan karboksipeptida. Protease gaster dan pankreas ini kemudian memecah lagi gugus protein menjadi peptida rantai sedang dan kecil. Peptidase di batas usus halus selanjutnya menghidrolisis peptida rantai sedang dan kecil ini menjadi asam amino dan tripeptida bebas. Produk akhir metabolisme protein inilah yang siap diserap dan dipergunakan oleh sel sehingga tubuh merasakan manfaatnya untuk kesehatan.

Sekitar 75–80 persen asam amino hasil proses metabolisme protein akan digunakan kembali untuk pembuatan protein baru. Melalui siklus Krebs, sebagian asam amino yang diserap tubuh juga akan diubah menjadi ATP, gas karbondioksida, dan air. Tubuh tidak akan menyimpan sisa asam amino yang berlebih. Sisa asam amino ini akan segera mengalami katabolisme dan diubah menjadi urea untuk bahan kimia amfibolik, yang selanjutnya dikeluarkan dari tubuh melalui urine.

8.5 Hubungan Jalur metabolisme karbohidrat, Lipid, dan Protein

Telah dibahas tentang katabolisme glukosa, yang menyediakan energi bagi sel-sel hidup. Namun makhluk hidup mengonsumsi lebih banyak glukosa untuk makanannya. Bagaimana makanan bisa menjadi ATP di dalam sel? Hal ini terjadi karena semua jalur katabolik karbohidrat, protein, dan lipid pada akhirnya terhubung ke jalur glikolisis dan siklus asam sitrat (lihat Gambar 8.2). Jalur metabolisme harus dianggap sebagai jalur yang berpori, yaitu zat masuk dari jalur lain, dan zat antara keluar ke jalur lain. Jalur-jalur ini bukanlah sistem tertutup. Banyak substrat, zat antara, dan produk pada jalur tertentu merupakan reaktan pada jalur lain

8.5.1 Hubungan Gula Lain dengan Metabolisme Glukosa

Glikogen, polimer glukosa, adalah molekul penyimpan energi pada hewan. Ketika terdapat cukup ATP, kelebihan glukosa dialihkan menjadi glikogen untuk disimpan. Glikogen dibuat dan disimpan di hati dan otot. Glikogen tersebut akan dihidrolisis menjadi monomer glukosa (G-1-P) jika kadar gula darah turun. Adanya glikogen sebagai sumber glukosa memungkinkan ATP diproduksi lebih lama selama berolahraga. Glikogen dipecah menjadi G-1-P dan diubah menjadi G-6-P di sel otot dan hati, dan produk ini memasuki jalur glikolitik.

Sukrosa adalah disakarida dengan molekul glukosa dan molekul fruktosa terikat bersama dengan ikatan glikosidik. Fruktosa adalah salah satu dari tiga monosakarida makanan, bersama dengan glukosa dan galaktosa (yang merupakan bagian dari gula susu, disakarida laktosa), yang diserap langsung ke dalam aliran darah selama proses pencernaan. Katabolisme fruktosa dan galaktosa menghasilkan jumlah molekul ATP yang sama dengan glukosa

8.5.2 Hubungan Protein dengan Metabolisme Glukosa

Protein dihidrolisis oleh berbagai enzim di dalam sel. Seringkali, asam amino didaur ulang menjadi sintesis protein baru. Namun jika terdapat kelebihan asam amino, atau jika tubuh berada dalam kondisi kelaparan, sebagian asam amino akan dialihkan ke jalur katabolisme glukosa (Gambar 8.1). Setiap asam amino harus dihilangkan gugus aminonya sebelum masuk ke jalur ini. Gugus

amino diubah menjadi amonia. Pada mamalia, hati mensintesis urea dari dua molekul amonia dan satu molekul karbon dioksida. Dengan demikian, urea adalah produk limbah utama mamalia yang dihasilkan dari nitrogen yang berasal dari asam amino, dan dikeluarkan dari tubuh melalui urin

8.5.3 Hubungan Metabolisme Lipid dan Metabolisme Glukosa

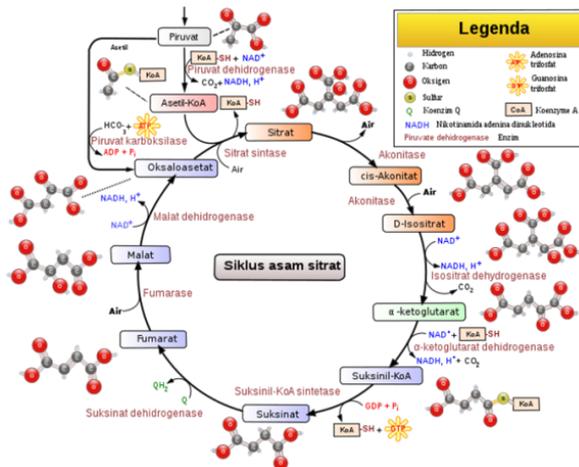
Lipid yang terhubung dengan jalur glukosa adalah kolesterol dan trigliserida. Kolesterol adalah lipid yang berkontribusi terhadap fleksibilitas membran sel dan merupakan prekursor hormon steroid. Sintesis kolesterol dimulai dengan gugus asetil dan berlangsung hanya dalam satu arah. Prosesnya tidak dapat dibatalkan.

Trigliserida adalah bentuk penyimpanan energi jangka panjang pada hewan. Trigliserida terbuat dari gliserol dan tiga asam lemak. Hewan dapat menghasilkan sebagian besar asam lemak yang mereka butuhkan. Trigliserida dapat dibuat dan dipecah melalui bagian jalur katabolisme glukosa. Gliserol dapat difosforilasi menjadi gliserol-3-fosfat, yang berlanjut melalui glikolisis. Asam lemak dikatabolisme dalam proses yang disebut oksidasi beta yang terjadi di matriks mitokondria dan mengubah rantai asam lemaknya menjadi dua unit karbon gugus asetil. Gugus asetil diambil oleh CoA untuk membentuk asetil KoA yang dilanjutkan ke siklus asam sitrat

8.5.4 Siklus Asam Sitrat

Siklus asam sitrat merupakan rangkaian reaksi di dalam mitokondria yang menghasilkan katabolisme residu asetil dengan membebaskan sejumlah ekuivalen hidrogen, yang pada oksidasi menyebabkan pelepasan sebagian energi bebas bahan bakar jaringan (Simaremare, Silaban and Nurfajriani, 2023). Siklus Asam Sitrat adalah sederetan jenjang reaksi metabolisme pernapasan seluler yang terpacu enzim yang terjadi setelah proses glikolisis, dan bersama-sama merupakan pusat dari sekitar 500 reaksi metabolisme yang terjadi di dalam sel. Lintasan katabolisme akan menuju pada lintasan ini dengan membawa molekul kecil untuk diiris guna menghasilkan energi, sedangkan lintasan anabolisme merupakan lintasan yang bercabang keluar dari lintasan ini dengan penyediaan substrat senyawa karbon untuk keperluan biosintesis ('Siklus asam sitrat', 2020).

Fungsi utama siklus asam sitrat adalah bekerja sebagai lintasan akhir bersama oksidasi karbohidrat, lipid dan protein. Pada hakikatnya siklus tersebut terdiri atas kombinasi molekul asetil-KoA dengan oksaloasetat. Siklus ini pun merupakan bagian integral dari proses yang menyediakan sejumlah besar energi bebas yang terlepas selama oksidasi karbohidrat, lipid dan protein. Sebagai hasil oksidasi 12 molekul ATP yang terbentuk pada setiap kali putaran siklus asam sitrat (asam trikarboksilat TCA) (Simaremare, Silaban and Nurfaejriani, 2023).



Gambar 8.2: Siklus Asam Sitrat ('Siklus asam sitrat', 2020)

Siklus asam sitrat dimulai dengan satu molekul asetil-KoA bereaksi dengan satu molekul H₂O, melepaskan gugus koenzim-A, dan mendonorkan dua atom karbon yang tersisa dalam bentuk gugus asetil kepada asam oksaloasetat yang memiliki molekul dengan empat atom karbon, hingga menghasilkan asam sitrat dengan enam atom karbon.

Bab 9

Mikrobiologi dan Virologi Dasar

9.1 Pendahuluan

Mikroorganisme dapat ditemukan di mana saja, mulai dari tempat yang sangat panas bahkan sampai dibawah es kutub sekalipun. Mikroorganisme dapat ditemukan di mana saja di belahan bumi ini. Mikroorganisme atau mikroba merupakan organisme kecil dan mikroskopis. Sebagian besar mikroorganisme tidak berbahaya bagi manusia, bahkan banyak mikroorganisme yang memiliki manfaat. Mikroorganisme berperan penting dalam ekosistem di bumi, mereka membentuk dasar-dasar jaring makanan dalam ekosistem. Bahkan manusia menggunakan mikroba sebagai bahan untuk membuat biofuel, obat-obatan, bahkan bahan makanan seperti roti, keju, susu, dll. Bahkan di dalam tubuh kita sendiri terdapat mikroba, kulit manusia merupakan rumah/habitat bagi triliunan mikroba.

9.2 Mikrobiologi

Mikrobiologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang mikroorganisme. Mikrobiologi berasal dari kata *micro* (kecil), *bio* (hidup) dan *logos* (ilmu). Mikrobiologi dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang mikroorganisme hidup yang berukuran kecil/mikroskopis (Talaro dan Chess, 2018). Mikroorganisme mikroskopis ini ada bermacam-macam, di antaranya yaitu: bakteri, alga, protozoa, fungi dan virus. Awal sejarah perkembangan mikrobiologi diawali dari ditemukannya mikroskop oleh Antonio van Leeuwenhoek (1632-1732). Leeuwenhoek membuat mikroskop sederhana yang mampu memperbesar objek sampai 300 kali pembesaran. Dari mikroskop sederhana tersebut beliau dapat mengamati objek-objek kecil di air yang diberi nama “*animacules*.” Menurut Robert Hooke penemuan dari Antonio van Leeuwenhoek tersebut adalah protozoa, spora, jamur dan sel tumbuhan.

Setelah penemuan Antonio van Leeuwenhoek tersebut mulai muncul berbagai teori tentang asal usul kehidupan lainnya, beberapa yang populer di antaranya adalah teori abiogenesis (*a* = tidak; *bio* = hidup; *genesis* = kejadian). Menurut teori abiogenesis asal usul kehidupan terjadi begitu saja dari benda mati. Tokoh pendukung teori ini di antaranya Aristoteles dan John Needham. Teori abiogenesis disebut juga teori *generatio spontanea*. Teori ini banyak mendapat penolakan dan pertentangan, banyak tokoh-tokoh ilmuwan yang melakukan percobaan lain untuk mematahkan teori ini salah satunya adalah Spallanzani (1729-1799), Schulze (1836), dan Francis Louis Pasteur (1822-1895). Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh Pasteur, beliau berhasil mematahkan teori abiogenesis. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Pasteur dia berhasil menyimpulkan bahwa kehidupan tidak berasal dari benda mati, melainkan semua kehidupan berasal dari telur dan semua telur berasal dari sesuatu yang hidup (*Omne vivum ex ovo, omne ex vivo*). Pendapat ini juga dikenal dengan teori biogenesis (Pratiwi, 2008).

Mikroba memiliki banyak peran, bisa sebagai produsen, konsumen maupun reducen. Mikroba yang berperan sebagai produsen adalah alga dan bakteri fotosintetik (cyanobakteri). mikroba yang berperan sebagai konsumen misalnya adalah protozoa, sedangkan mikroba yang berperan sebagai reducen adalah bakteri dan jamur (fungi). mikroba memiliki struktur sel yang sederhana biasanya uniseluler (terdiri dari satu sel) namun ada juga yang multiseluler (terdiri dari banyak sel).

Mikroba berdasarkan perkembangan selnya terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Prokariota (prokariotik/primitif), disebut juga jasad yang perkembangan selnya belum sempurna. Kata prokariotik berasal dari bahasa Yunani “pro” (sebelum) dan “karyon” (inti/nukleus) sehingga sel prokariotik disebut juga dengan sel yang tidak memiliki inti. Contoh mikroba: bakteri.
2. Eukariota (eukariotik/sejati), disebut juga jasad yang perkembangan selnya sudah sempurna. Kata eukariotik berasal dari bahasa Yunani, “eu” (sejati) dan “karyon” (inti/nukleus), sel eukariotik dapat diartikan sebagai sel yang sudah memiliki inti. Sel eukariotik jauh lebih kompleks dibandingkan dengan sel prokariotik. Contoh organisme eukariotik: fungi, protista, ebagian bakteri, alga, hewan dan tumbuhan.

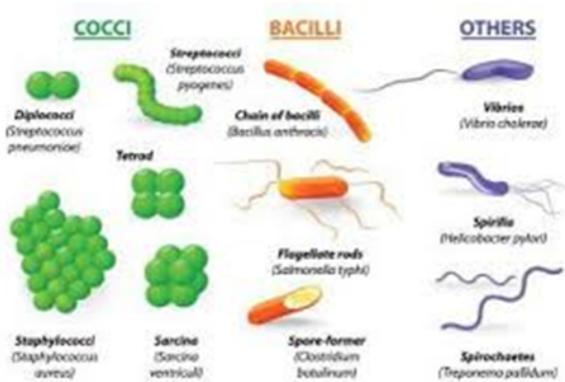
9.2.1 Bakteri

Bakteri merupakan organisme mikroskopis dan uniseluler. Ukuran bakteri diukur dengan mikron (micrometer). bakteri adalah mikroba dengan tipe sel prokariotik. Bakteri berkembang biak secara aseksual dengan pembelahan sel. Bakteri umumnya tidak berklorofil, kecuali pada beberapa kelompok bakteri fotosintetik. Berdasarkan cara hidupnya bakteri ada yang hidup bebas dan ada yang parasitik, saprofit, patogen/penyebab penyakit pada manusia, hewan dan tumbuhan. Habitat bakteri tersebar luas di alam, seperti di tanah, laut, atmosfer bahkan di tubuh manusia, hewan dan tumbuhan bisa menjadi tempat hidup bakteri. Bakteri memiliki bentuk yang bermacam-macam. Ada bakteri berbentuk batang/basil, bulat/coccus, lengkung dan spiral.

Bakteri berkembang biak dengan cara aseksual (pembelahan sel/pembelahan biner). sel bakteri akan membelah menjadi dua sel yang identik dengan sel induknya. Bakteri dapat hidup secara individu maupun berkelompok/koloni. Sel-sel bakteri akan hidup dalam kelompok/rantai yang dipertautkan oleh protoplasma yang disebut dengan plasmodesmata. Kelompok ini bersifat tetap dan tidak berubah, karena itu dapat digunakan untuk mencirikan jenis-jenis bakteri.

Berdasarkan kelompok tersebut, bakteri dibagi atas:

1. Monococcus: coccus (sendiri-sendiri/tunggal). setelah pembelahan bakteri terpisah dari sel induknya.
2. Diplococcus, setelah pembelahan bakteri tetap bertautan dan berpasang-pasangan.
3. Tetracoccus, sel bakteri membagi diri dalam dua arah dan membentuk sudut siku dan tiap kelompok tersusun atas 4 sel.
4. Sarcina, sel bakteri membagi diri ke arah 3 bidang dengan sudut siku-siku satu sama lain (tiap kelompok bakteri tersusun sebagai kubus).
5. Streptococcus: coccus, pembelahan sel bakteri terjadi secara konstan paralel sehingga berbentuk rantai panjang.
6. Staphylococcus, sel bakteri membagi diri dengan arah yang tidak menentu dan kelompok bakteri tersebut membentuk untaian seperti gerombol anggur.
7. Bacillus, streptobacillus, dan sprillum, pembelahan terjadi secara longitudinal, lalu membentuk sel anakan seperti bakteri coccus.
8. Filamentus, merupakan kelompok bakteri yang membentuk hifa palsu. Kelompok bakteri ini dapat menghasilkan senyawa antimikroba/antibiotik.



Gambar 9.1: Morfologi Bentuk Bakteri (<https://www.RuangBiologi.co.id>)

9.2.2 Fungi

Fungi/jamur merupakan organisme eukariotik, organisme ini ada yang uniseluler maupun multiseluler. Jamur termasuk kedalam divisi Mycota (dari kata mykes (bahasa Yunani yang berarti cendawan) disebut juga fungi (bahasa Latin). Ada beberapa istilah untuk menyebut jamur, (1) jamur/mushroom untuk menyebutkan jamur yang menghasilkan buah besar, termasuk jamur yang dapat dimakan; (2) mold, yaitu jamur yang berbentuk benang-benang; (3) khamir adalah jamur bersel satu (uniseluler).

Karakteristik jamur seperti tumbuhan, meski begitu jamur tidak digolongkan sebagai tumbuhan karena jamur tidak memiliki klorofil. Fungi dikelompokkan kedalam kingdom sendiri yaitu kingdom fungi. Terdapat kurang lebih 50.000 spesies fungi yang sudah diidentifikasi. Masing-masing jamur tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda baik secara struktur maupun fisiologinya. Habitat jamur bisa berada di tanah maupun di air. Cara hidup jamur bermacam-macam, ada yang hidup bebas maupun bersimbiosis dengan organisme lain, ada juga yang hidup sebagai saprofit, ada juga yang hidup sebagai parasit pada manusia, hewan maupun tumbuhan.

Fungi merupakan organisme heterotrof, karena itu fungi memerlukan bahan organik dari luar untuk memenuhi nutrisinya. Sebagai organisme saprofit fungi hidup dengan mengambil/menguraikan zat-zat hara dari organisme atau benda/bahan organik yang telah mati/rusak. Organisme saprofit disebut juga sebagai dekomposer, mereka menghancurkan sisa-sisa bahan tumbuhan dan hewan yang kompleks menjadi lebih sederhana. Hasil penguraian dari organisme saprofit ini dikembalikan ke tanah dan dapat digunakan kembali untuk meningkatkan kesuburan tanah. Fungi saprofit juga berperan penting dalam industri fermentasi seperti pembuatan anggur/wine, obat-obatan antibiotik, roti, keju dll.

Fungi yang hidup sebagai parasit menyerap nutrisi dari organisme hidup yang ditumpanginya (disebut host/inang). Fungi parasit dapat hidup sebagai parasit obligat dan parasit fakultatif. Fungi yang hidup sebagai parasit dapat menyerang hewan, tumbuhan, maupun manusia.

Fungi merupakan organisme eukariotik, karena itu selnya memiliki nukleus/inti dengan membran inti, RE dan mitokondria. Sel fungi mirip dengan sel organisme tingkat tinggi (hewan dan tumbuhan). Dinding sel fungi memiliki terdiri dari bahan seperti khitin atau selulosa sehingga dinding selnya

kaku. Fungi dikelompokkan kedalam tiga kelompok besar, yaitu ragi, kapang dan cendawan/jamur dengan tubuh buah besar.

Jamur terdiri atas massa benang yang bercabang-cabang/miselium. Miselium ini terdiri dari hifa atau benang-benang tunggal badan vegetatif jamur tersusun atas filamen-filamen yang dikenal dengan nama thallus. Terdapat dua macam hifa berdasarkan fungsinya, hifa fertil dan hifa vegetatif. Hifa fertil dapat membentuk sel reproduksi/spora, sedangkan hifa vegetatif merupakan hifa yang berfungsi untuk menyerap makanan dari substrat. Berdasarkan bentuk hifa, juga dapat dikelompokkan menjadi dua jenis hifa. Hifa tidak berseptum dan hifa berseptum.

Perkembangbiakan jamur secara vegetatif/aseksual maupun generatif/seksual. Secara aseksual dilakukan dengan fragmentasi miselium dan pembentukan spora aseksual. Fragmentasi miselium dapat dilakukan 4 cara, yaitu:

1. Pembentukan tunas, contoh pada khamir.
2. Pembentukan blastospora (tunas yang tumbuh menjadi spora) contoh pada *Candida* sp.
3. Dengan arthrospora (terjadinya segmentasi pada ujung-ujung hifa, kemudian sel-sel membulat dan akhirnya lepas menjadi spora)
4. Dengan chlamydospora, yaitu pembulatan dan penebalan dinding sel pada hifa vegetatif.

Perkembangbiakan secara seksual dilakukan dengan pembentukan spora seksual dan peleburan gamet. Terdapat dua tipe kelamin dari sel seksual yaitu kelamin jantan (+) dan betina (-). Reproduksi secara seksual terbagi menjadi 3 tingkatan, yaitu:

1. Plasmogami, yaitu meleburnya dua plasma sel
2. Kariogami, yaitu meleburnya 2 inti haploid yang menghasilkan satu inti diploid.
3. Meiosis, yaitu pembelahan yang menghasilkan inti haploid.

Klasifikasi fungi didasarkan pada ciri-ciri spora seksual yang dihasilkannya. Selain itu adanya berbagai macam tubuh buah yang dihasilkan selama tahap seksual dalam daur hidupnya dapat dijadikan dasar dalam klasifikasi (Hafsan, 2011). Fungi dikategorikan kedalam empat divisio, yaitu: *Oomycotina*, *zygomycotina*, *ascomycotina*, *basidiomycotina*.

Selain ke empat divisi ini ada juga divisi deuteromycotina, divisi ini untuk mengelompokkan fungi yang belum diketahui tingkat seksualnya atau disebut juga dengan fungi imperfecti.

1. *Oomycotina*, kelompok *oomycotina* mengalami reproduksi seksual dengan cara oogami yaitu melibatkan penggabungan satu oosfer (gamet betina) dengan gamet jantan yang terbentuk dalam anteridium menghasilkan *oospora*. Reproduksi aseksual dengan cara membentuk *zoospora* yang dihasilkan dalam *sporangium*. Kelompok fungi ini memiliki hifa tidak bersepta.
2. *Zygomycotina*, reproduksi seksual dengan cara konjugasi dan melibatkan fusi dua gamet menghasilkan *zigospora*. Reproduksi aseksualnya dengan menghasilkan spora yang terkandung dalam konidium/sporangium.
3. *Ascomycotina*, pada fungi kelompok ini reproduksi seksual menghasilkan spora yang disebut dengan askospora (spora seksual yang dihasilkan dalam suatu struktur khusus yang disebut dengan askus. Reproduksi aseksual dilakukan dengan menghasilkan konidia. Hifa pada fungi kelompok ascomycota memiliki septa.
4. Basidiomycotina, divisi ini ciri-cirinya dengan adanya pembentukan spora seksual (basidiospora) dan tersusun pada struktur khusus seperti gada yang disebut basidium.

9.2.3 Alga

Alga merupakan organisme eukariotik dan bersifat fotosintetik. Alga memiliki pigmen fotosintetik hijau (klorofil), coklat (fikosantin), biru kehijauan (fikobilin) dan merah (fikoeritrin). morfologi sel pada alga ada yang uniseluler dan adapula yang multiseluler. Habitat alga berada di permukaan atau dalam perairan maupun daratan (terrestrial) yang terkena sinar matahari, namun kebanyakan habitat alga ada di perairan. Alga uniseluler dapat berupa sel tunggal atau tumbuh dalam bentuk rangkaian/filamen. Ada beberapa jenis alga yang selnya membentuk koloni seperti pada *volvox* (koloni terbentuk dari 500-60.000 sel). sementara alga multiseluler biasanya makroskopik (mempunyai ukuran yang besar). alga makroskopik memiliki berbagai macam struktur khusus. Beberapa jenis alga terdapat struktur yang disebut dengan hold fast,

sistem ini mirip dengan akar pada tanaman. Fungsinya untuk menempelnya alga pada batuan/substrat tertentu namun tidak dapat digunakan untuk menyerap air atau nutrisi. Alga tidak memerlukan sistem transport air dan nutrisi karena dapat dipenuhi oleh seluruh sel alga. Struktur lainnya adalah bladder/pengapung yang berfungsi untuk menempatkan alga pada posisi yang tepat untuk mendapatkan cahaya. Tangkai/batang pada alga disebut dengan stipe, fungsinya untuk mendukung blade (bagian utama alga yang berfungsi untuk mengabsorpsi nutrisi dan cahaya).

Alga berkembang biak secara aseksual melalui mitosis. Alga ber sel tunggal berkembang biak dengan membelah diri. Masing-masing sel hasil pembelahan pada alga akan menghasilkan kromosom turunannya. Alga multiseluler berkembang biak dengan banyak cara. Seperti fragmentasi (pemotongan bagian filamen dan kemudian dapat tumbuh menjadi individu baru). ada juga yang berkembang biak dengan menghasilkan spora. Spora pada alga dapat bergerak aktif (zoospora) dan ada yang tidak dapat bergerak aktif (nonmotil) disebut dengan autospora. Perkembangan aseksual pada alga dimulai dengan terbentuknya dua jenis sel khusus (gamet) yang bersifat haploid. Kedua sel gamet tersebut akan melebur dan menghasilkan *zygot* yang bersifat diploid. *Zygot* akan memiliki dua turunan masing-masing kromosom ($2n$). sedangkan gamet hanya akan memiliki satu turunan kromosom (n). Proses ini disebut meiosis.

Alga dikelompokkan berdasarkan tipe pigmen fotosintetiknya, bahan cadangan makanan di dalam sel dan sifat morfologi sel. Alga dikelompokkan menjadi tujuh divisi utama yaitu:

1. *Chlorophyta*, berwarna hijau dan memiliki pigmen fotosintetik klorofil a dan b. banyak terdapat di ekosistem perairan, dipercaya merupakan asal usul tumbuhan. Contohnya alga hijau *Volvocales*, *Chlamydomonas* dan *Volvox*.
2. *Euglenophyta*, alga ini berbentuk euglenoid dan mempunyai pigmen fotosintetik klorofil a dan b, memiliki karoten serta xantofil. Merupakan alga uniseluler dengan 1-3 flagella yang terdapat di ujung tubuhnya. Kebanyakan hidup di perairan atau tanah. Berkembang biak dengan membelah diri dan dapat berkembang biak secara seksual. Contohnya *Euglena gracilis*.

3. *Chrysophyta*, memiliki pigmen warna yang berbeda-beda, sehingga ada yang disebut alga kuning hijau dan alga keemasan. Pigmen fotosintetik terdiri dari klorofil a dan c, karoten, *fukoxantin* dan *xantofil*. Contoh organisme Diatom.
4. *Pyrophyta*, disebut juga *Dinoflagellata* mempunyai pigmen fotosintetik klorofil a dan c, karoten dan beberapa jenis mengandung *xantofil*. Umumnya berwarna merah atau coklat, alga ini merupakan organisme uniseluler. Habitat di laut dan beberapa di antaranya dapat mengeluarkan cahaya bioluminesen karena itu disebut juga dengan fire alga.
5. *Rhodophyta*, disebut juga dengan alga merah karena pigmen fotosintetiknya didominasi *fikoeritrin*. Pigmen lain yaitu klorofil a dan d, *fikosianin*, karoten dan *xantofil*. Habitatnya di laut pada daerah tropis, namun ada juga beberapa yang hidup pada daerah dingin.
6. *Phaeophyta*, disebut juga dengan alga coklat karena adanya xantofil yang dihasilkan melebihi karoten dan klorofil. Memiliki pigmen fotosintetik klorofil a dan c, karoten, *fukoxantin* dan *xantofil*. Memiliki dua flagella yang tidak sama dengan posisi lateral.
7. *Cryptophyta*, memiliki pigmen fotosintetik klorofil a dan c, karoten, fikobilin dan *xantofil*. Habitatnya di laut dan berkembang biak secara aseksual dengan pembelahan sel secara longitudinal.

9.2.4 Protozoa

Protozoa merupakan organisme yang termasuk protista eukariotik. Perbedaan alga dan protozoa masih samar/kurang terlihat jelas. Karena beberapa organisme memiliki sifat antara alga dan protozoa. Protozoa dibedakan dari prokariot karena ukuran selnya yang lebih besar dan selnya adalah sel eukariotik. Protozoa berbeda dari alga karena tidak berklorofil. Habitat protozoa tersebar luas di lautan, daratan, dan air tawar. Protozoa hidup bebas. Namun ada juga beberapa yang hidup secara parasit. Protozoa hidup pada daerah dengan kelembapan tinggi. Protozoa tidak memiliki dinding sel. Protozoa memiliki bentuk yang spesifik dan ditandai dengan fleksibilitas ektoplasma yang ada dalam membran sel. Jenis protozoa contohnya Foraminifera, radiolarian dan amoeba. Protozoa memiliki vakuola kontraktil

yang berperan sebagai pompa untuk mengatur kelebihan air keluar dari sel. Protozoa dapat bergerak secara khas dengan menggunakan kaki palsu (pseudopodia), flagella, atau silia. Namun ada juga yang tidak dapat bergerak secara aktif. Protozoa dikelompokkan kedalam empat kelas berdasarkan alat geraknya, yaitu: sarcodina, mastigophora, ciliophora dan sporozoa.

9.3 Virologi Dasar

9.3.1 Definisi dan Karakteristik Virus

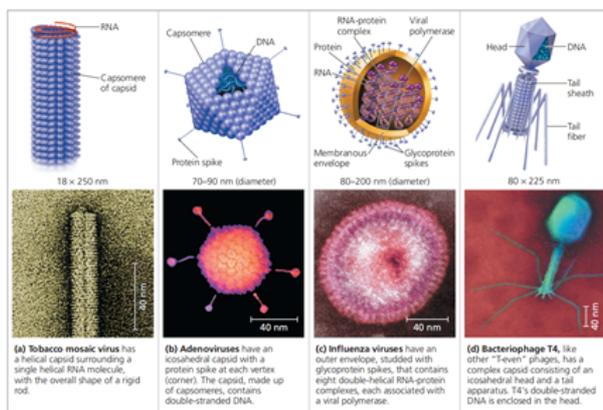
Virus berasal dari bahasa latin “virion” yang berarti racun atau bisa. Virus disebut sebagai parasit obligat, karena virus hanya dapat berkembang dalam sel inang. Virus hanya dapat menggandakan kromosomnya secara bebas di dalam sel inangnya, virus tidak mampu mereplikasi selnya secara mandiri. Karenanya virus juga dikatakan sebagai organisme tak hidup, karena virus tidak mampu hidup secara mandiri.

Virus memiliki bentuk ekstraselluler dan intraselluler. Dalam bentuk ekstraselluler virus berupa partikel submikroskopik yang mengandung asam nukleat yang diselubungi oleh protein dan kadang terdapat komponen makromolekul lainnya. Dalam bentuk intraselluler maka terjadi penggandaan diri virus. Genom virus dibentuk dan komponen lain yang membangun selubung virus disintesis. Genom virus yang sudah masuk kedalam sel inangnya kemudian melakukan penggandaan diri dan disinilah proses infeksi virus dimulai. Virus memiliki ukuran yang sangat kecil bahkan lebih kecil dari sel bakteri. Ukuran virus berkisar antara 0,02-0,3 mikrometer.

9.3.2 Struktur Virus

Virus memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi. Struktur utama virus adalah asam nukleat (DNA atau RNA). virus berdasarkan asam nukleatnya terbagi menjadi virus DNA atau virus RNA. Asam nukleat ini dikelilingi oleh mantel protein yang disebut dengan kapsomer. Susunan kapsomer tersebut disebut dengan kapsid. Virus telanjang hanya terdiri dari asam nukleat dan kapsid. Beberapa virus memiliki struktur yang lebih kompleks seperti membran, terutama ditemukan pada kelompok virus yang menyerang hewan

dan fage. Membran yang menyusun virus ini terdiri dari membran lipid bilayer dan protein (glikoprotein).



Gambar 9.2: Struktur virus (Biology Campbell)

9.3.3 Replikasi Virus

Untuk melakukan replikasi/penggandaan diri, partikel virus harus menginfeksi inang/host untuk mensintesis semua komponen yang dibutuhkan. Komponen tersebut kemudian dirakit menjadi bentuk struktur dan partikel virus yang baru dan akan dikeluarkan dari sel inangnya untuk dapat menginfeksi sel-sel lainnya. Replikasi virus secara bertahap dilakukan dalam 7 langkah, yaitu:

1. Adsorpsi (penempelan partikel virus pada inang).
2. Penetrasi/injeksi dari asam nukleat virus kedalam sel inang.
3. Tahap awal replikasi dari asam nukleat virus, pada tahap ini enzim-enzim spesifik virus mulai dihasilkan.
4. Replikasi asam nukleat virus.
5. Sintesa dari protein sub unit dari mantel virus.
6. Perakitan asam nukleat dan protein sub unit kedalam partikel virus.
7. Pelepasan partikel virus yang matang dari sel (lisis).

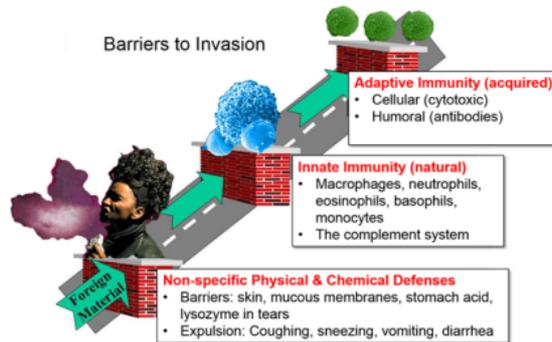
Bab 10

Konsep Dasar Immunologi dan Dasar-Dasar Mikrobiologi

10.1 Pendahuluan Immunologi

Perkembangan ilmu medis yang sangat pesat membuat immunologi juga mendapat sorotan, terutama immunologi kesehatan. Sekarang riset penelitian terkait sistem imun banyak dilakukan, seperti terapi immunoterapi, terapi untuk beragam penyakit yang disebabkan oleh bakteri maupun virus. Definisi immunologi yaitu ilmu yang mempelajari bagaimana sistem daya tahan tubuh terhadap infeksi atau patogen yang masuk ke dalam tubuh. Immunologi berasal dari dua kata, yaitu *Immunis* yang berarti bebas atau kebal, dan *Logos* yang artinya adalah ilmu. Pada masa kerajaan Romawi, kata *Immunis* telah digunakan sebagai sebutan warganya yang bebas dari kerja paksa atau membayar paksa. Berdasarkan sejarahnya, ilmu immunologi dikenal ratusan tahun sebelum masehi. Raja Mithridates Eupatoris VI merupakan Raja Yunani dianggap sebagai ahli immunologi pertama di dunia. Adanya keresahan pada masa pemerintahannya karena ketakutan akan musuh-musuhnya yang berencana membunuh Raja menggunakan racun, akhirnya Raja Mithridates Eupatoris VI mengebalkan dirinya dengan meminum racun. Usaha pengebalan diri dengan meminum racun dinamakan *mithridatisme*.

Pengembangan imunologi sebelum ilmu kedokteran berkembang, yaitu saat terjadi wabah penyakit cacar di Cina pada abad ke XI. Hal tersebut mendasari teori imunisasi sebagai proses terbentuk kekebalan buatan untuk melindungi seseorang dari penyakit tertentu. Pengembangan imunisasi dilakukan oleh Louis Pasteur tahun 1811. Temuan Pasteur telah menghasilkan vaksin *Pasteurella aviseptica* (kolera ayam) yang telah dilemahkan dan dapat mencegah terjadinya penyakit kolera ayam. Penggunaan biakan hidup yang dilemahkan masih dipergunakan untuk pencegahan penyakit infeksi atau dikenal sebagai imunisasi aktif. Penemu bakteri tuberkulosis Robert Koch juga mengembangkan vaksin antraks. Hasil karya Pasteur dilanjutkan oleh Pfeiffer (1989) dengan meneliti *vibrio cholerae* untuk mengatasi penyakit kolera pada manusia.



Gambar 10.1: Ilustrasi Mekanisme Sistem Imun Terhadap Masuknya Senyawa Asing Di Dalam Tubuh

Sistem imunitas bertujuan untuk memberikan perlindungan manusia maupun mamalia lain dari segala infeksi melalui berbagai lini pertahanan. Sehingga apabila ada senyawa asing seperti bakteri masuk ke dalam tubuh, sistem imunitas atau sistem kekebalan mampu menghambat senyawa tersebut lebih masuk ke dalam tubuh. Ada beberapa istilah yang sering muncul di dalam pembelajaran imunologi, antara lain patogen dan antigen. Definisi patogen yaitu suatu agen yang dapat memberikan respon negatif pada tubuh atau menyebabkan penyakit. Antigen adalah suatu zat yang mampu menimbulkan reaksi sistem imunitas tubuh dan memicu terbentuknya antibodi. Sistem imunitas juga dapat terganggu bahkan menyerang tubuhnya sendiri. Hal itu yang mendasari berkembangnya ilmu imunologi yang berfokus untuk mempelajari bagaimana daya tahan tubuh dan berbagai macam gangguan

sistem imun dapat terjadi. Berbagai molekul dan mediator mempunyai peran untuk terjadinya mekanisme perlindungan terhadap masuknya mikroorganisme.

Sistem imunitas mempunyai tiga fungsi utama. Pertama, kemampuan untuk mengetahui dan membedakan macam-macam molekul asing dan menghasilkan respon spesifik. Kedua, kemampuan membedakan antigen asing, dan fungsi ketiga yaitu kemampuan memori, yaitu mengingat first contact dengan zat asing patogen sehingga apabila terkena paparan kedua maupun seterusnya dapat bereaksi lebih cepat dan kuat dibandingkan kontak pertama (Nicholson, 2016).

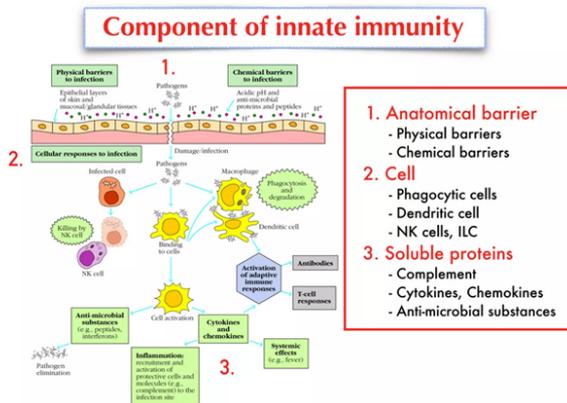
Mekanisme sistem imun tubuh di dalam mempertahankan dirinya atau mengatasi senyawa asing yang masuk ke lingkungannya yaitu pertama, pertahanan kimiawi dan fisik, misal barrier kulit, sekresi asal lemak dan asam laktat lewat kelenjar keringat sekresi lendir, air liur, urin, asam lambung maupun lisosim pada air mata. Kedua, simbiosis dengan bakteri flora normal yang dapat memproduksi agen yang mampu mencegah invasi mikroorganisme seperti bakteri *Lactobacillus*. Selanjutnya, terdapat sistem pertahanan imun daptan atau non spesifik, yang diperoleh dari imunisasi atau vaksinasi. Dan yang ke empat adalah imunitas spesifik (Nicholson, 2016) (Simon et al., 2015).

Terjadinya gangguan atau disfungsi sistem imunitas dapat menyebabkan terjadi kerusakan di tiap komponen atau fungsi sistem imun. Adanya gangguan pada struktur dan fungsi sistem imun menyebabkan terjadinya penurunan sistem imun atau defisiensi imun. Akibat kerusakan jaringan terjadi respon yang berlebihan dapat menyebabkan reaksi hipersensitivitas. Gangguan toleransi terhadap self dapat menyebabkan terjadinya autoimun, karena terbentuknya auto antibodi. Prinsip imunologi utamanya adalah self dan non self. Prinsip ini dikaitkan dengan fungsi fisiologis sistem imun terhadap adanya penyakit maupun malfungsi sistem imun yang dapat menyebabkan autoimun. Di dalam bab ini dijelaskan bagaimana fungsi sistem imun menghadapi antigen, unsur sistem imun spesifik dan non spesifik, respon sistem imun terhadap bakteri intraselular maupun intraselular sebagai dasar memahami prinsip mikrobiologi.

10.2 Sistem Imun Non Spesifik

Sistem imun non spesifik atau yang biasa dikenal innate immunity merupakan mekanisme pertahanan pertama apabila terdapat senyawa asing yang masuk ke dalam tubuh. Apabila terjadi infeksi, komponen imun non spesifik akan bergerak paling awal dan dapat menghilangkan senyawa asing di dalam waktu yang cepat dan singkat, bisa di dalam hitungan menit hingga jam.

Salah komponen sistem imun non spesifik adalah kulit. Kulit merupakan organ terbesar pada tubuh manusia dan merupakan agen pertahanan tubuh paling luar. Organ ini berperan penting sebagai first barrier agar senyawa asing tidak dapat masuk ke dalam tubuh (Thaiss et al., 2016). Membran mukosa juga merupakan komponen sistem imun non spesifik, yang melapisi saluran pencernaan maupun pernapasan. Apabila ada senyawa asing yang masuk, membran mukosa akan menghasilkan lendir, yang bertujuan untuk menangkap antigen agar tidak masuk jauh ke sel-sel tubuh. Kelenjar air mata organ yang menghasilkan air mata mampu membersihkan partikel-partikel asing yang masuk ke dalam mata. Kulit, membran mukosa, dan kelenjar air mata merupakan komponen sistem imun non spesifik eksternal, yang bertugas paling luar untuk melindungi tubuh (Roers et al., 2016).



Gambar 10.2: Komponen Sistem Imun Non Spesifik

Sistem imun non spesifik eksternal yaitu sistem pertahanan tubuh yang bekerja apabila ada senyawa asing yang mampu menembus pertahanan komponen sel imun non spesifik. Sistem ini melibatkan kerja dari sel darah putih. Misalnya, makrofag dan neutrofil yang mampu memakan (menfagositosis) senyawa

asing berbahaya. Komponen eosinofil mampu menghancurkan parasit cacing, dan sel Natural Killer (NK cell) dapat membunuh sel yang terinfeksi (Baratawidjaja & Rengganis, 2018). Selain itu terdapat sel mast yang berperan di dalam proses terjadinya inflamasi atau peradangan. Inflamasi merupakan suatu bentuk respon imun, yang menandakan bentuk perlawanan karena adanya senyawa asing yang masuk ke dalam tubuh. Inflamasi ditandai dengan ciri-ciri kulit kemerahan, bengkak, gatal-gatal, maupun respon demam (Abdulkhaleq et al., 2018).

Beberapa mekanisme maupun fungsi pertahanan sel imun non spesifik dijelaskan pada tabel 10.1. Sistem ini secara garis besar mencegah menyebarnya mikroorganisme yang masuk ke dalam tubuh agar tidak terjadi kerusakan jaringan.

Tabel 10.1: Komponen sel imun non spesifik

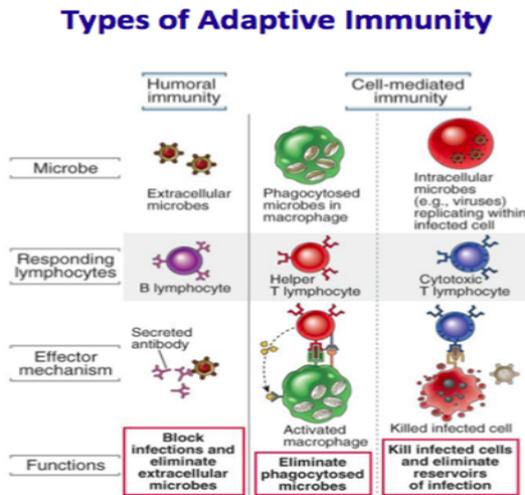
No	Komponen sel imun non spesifik	Fungsi
1	Sel mast	Degranulasi sel mast akan melepaskan mediator inflamasi seperti histamin dan prostaglandin
2	Interferon alfa (IFN α)	Interferon alfa diproduksi oleh sel darah putih yang mempunyai efek anti virus
3	Sel NK (<i>Natural killer</i>)	Sel Nk teraktivasi melalui pelepasan granula yang berisi senyawa perforin, dan akan memusnahkan mikroorganisme ekstraselular

10.3 Sistem Imun Spesifik

Sistem imun spesifik atau adaptive immunity merupakan sistem imun yang memberikan respon setelah terjadi infeksi. Hal ini dikarenakan proses terbentuknya respon imun spesifik terhadap pengenalan senyawa asing membutuhkan waktu tertentu. Sistem imun ini bersifat spesifik terhadap antigen. Sehingga apabila suatu patogen telah menghasilkan antigen di dalam tubuh, maka sistem imun ini secara spesifik akan mengenal atau mengingat antigen tersebut. Hal tersebut karena sistem imun spesifik mempunyai mekanisme memori. Apabila terjadi infeksi yang berulang dengan patogen

yang sama, maka respon sistem imun spesifik akan bergerak lebih cepat di dalam jumlah yang banyak, dan proses penyembuhan juga semakin cepat.

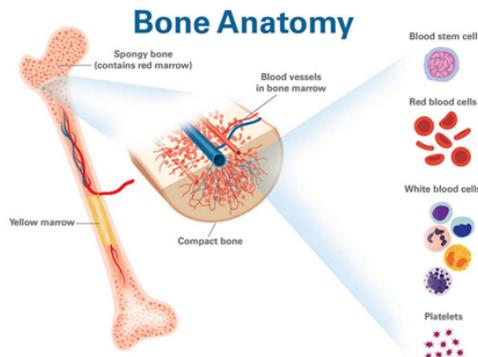
Kerja sistem imun spesifik saat suatu patogen mampu menembus pertahanan sistem imun non spesifik, sehingga tubuh akan membentuk suatu mekanisme perlindungan yang lebih spesifik dan kompleks. Sistem imun spesifik perlu diawali dengan pengenalan terhadap antigen (Weinberg et al., 2015). Oleh karena itu, sistem ini hanya dapat menghancurkan senyawa asing yang sudah dikenal atau mempunyai mekanisme memori sebelumnya. Sistem imun spesifik terbagi menjadi dua tipe yaitu imunitas selular (cell mediated immunity/CMI) dan imunitas humoral.



Gambar 10.3: Komponen Sistem Imun Spesifik

Imunitas humoral merupakan respon yang disebabkan oleh protein yang disebut antibodi, yang diproduksi sel limfosit B. Limfosit B yang dipicu karena adanya senyawa asing akan berproliferasi dan berdiferensiasi serta berkembang menjadi sel plasma yang menghasilkan antibodi. Antibodi yang disekresikan memasuki sirkulasi dan cairan mukosa, dan antibodi akan menetralkan dan menghancurkan mikroba serta racun mikroba yang berada di luar sel inang. Salah satu fungsi terpenting antibodi adalah menghentikan mikroba yang ada di permukaan mukosa dan di dalam darah, sehingga mikroba tidak mampu berkoloni di sel inang maupun jaringan ikat. Antibodi inilah yang berperan mencegah terjadinya infeksi ekstraselular, bakteri dan virus.

Respon sistem imunitas selular dipengaruhi sel limfosit T. Sel limfosit T diproduksi di sumsum tulang (bone marrow) (Annunziato et al., 2015). Di sumsum tulang akan dihasilkan sel punca yang berdiferensiasi menjadi limfosit, eritrosit, maupun platelet.

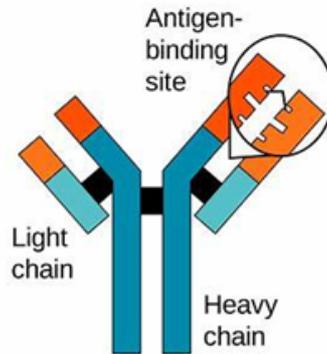


Gambar 10.4: Diferensiasi sumsum tulang

Pada sistem imunitas selular, limfosit T sangat berperan penting untuk pertahanan terhadap mikroba intraseluler. Terdapat dua jenis sel limfosit T yaitu sel T sitotoksik atau sel CD8+ dan sel T-helper atau sel CD4+. Peran sel T sitotoksik adalah menghancurkan sel host yang mengandung senyawa asing seperti sel kanker dan virus. Sel T sitotoksik merupakan sel limfosit yang mempunyai sel CD8+ pada permukaan sel yang berfungsi di dalam pengenalan ke patogen. Sifat sel T sitotoksik bersifat racun untuk sel yang terinfeksi patogen. Sel tersebut akan menghasilkan enzim yang merusak sel terinfeksi, misalnya perforin. Perforin akan membuat pori di sel untuk jalur masuk enzim granzyme. Enzim tersebut akan menginduksi sel akan mengalami kematian sel (Hepworth & Sonnenberg, 2014).

Sel T-helper berperan di dalam meningkatkan pembentukan sel B yang distimulasi adanya antigen menjadi sel plasma penghasil antibodi, mengaktifkan makrofag, dan meningkatkan aktivitas sel sitotoksik yang sesuai. Molekul CD4+ pada sel T-helper yang terletak di permukaan sel limfosit T selain mempunyai peran sebagai penanda, sangat penting untuk mengetahui jenis antigen yang masuk. Sel dendritik berperan sebagai antigen presenting cell (APC), tugasnya mengenalkan senyawa asing di dalam bentuk antigen kepada limfosit T. Sel limfosit hanya dapat mengenali satu senyawa asing. Ikatan kompleks antara dendritik dengan antigen akan dikenali oleh molekul

CD4+, sehingga dapat dikenali molekul CD4+. Dan sel T-helper akan menghasilkan sitokin yang menghasilkan respon imun.



Gambar 10.5: Bentuk Antibodi

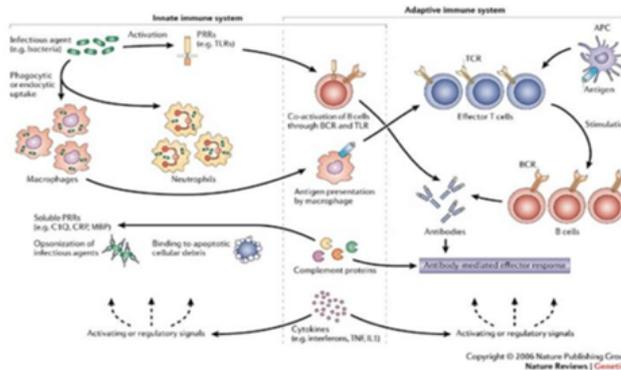
Antibodi merupakan respon imun spesifik adaptif yang dihasilkan oleh sel limfosit B yang sudah matang. Struktur antibodi sangat khas, seperti huruf “Y”. Molekul antibodi terdiri dari tiga bagian yang berukuran sama, yang dihubungkan dengan tambatan yang bersifat fleksibel.

10.4 Respon Sistem Imun terhadap Bakteri Ekstraselular

Bakteri yang menginfeksi pada manusia terbagi menjadi dua yaitu bakteri intraselular dan ekstraselular. Bakteri ekstraselular yaitu bakteri yang dapat membelah diri di luar sel host, seperti pada jaringan sirkulasi, jaringan ikat ekstraselular, maupun ruang antar saluran gastrointestinal. Bakteri ekstraselular mampu menjadi patogen dengan menghasilkan racun (toksin) dan menginduksi terjadinya inflamasi. Contoh bakteri yang ekstraselular yang bersifat patogen yaitu *E.coli*, *Clostridium*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*.

Toksin yang dihasilkan bakteri ekstraselular antara lain endotoksin (lipopolisakarida/LPS). LPS merupakan bagian dinding sel bakteri yang mampu menstimulasi sekresi makrofag dan sitokin (Griesenauer et al., 2019). Selain itu bakteri dapat menghasilkan toksin exotoxin, racun yang disekresi

langsung dari bakteri. Respon imun alami bakteri ekstraselular melalui mekanisme fagositosis oleh makrofag jaringan, monosit, dan neutrofil. LPS akan merangsang pelepasan sitokin maupun sel sel endotel vaskular.



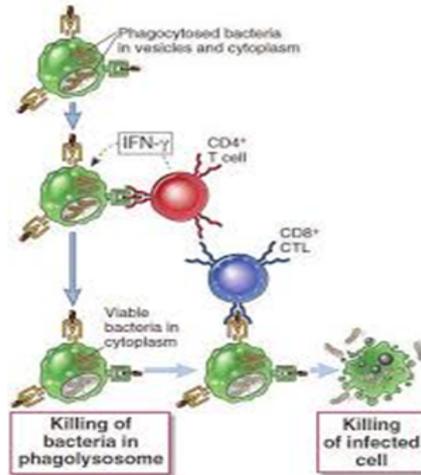
Gambar 10.6: Mekanisme sistem Imun Spesifik Dan Non Spesifik Terhadap Bakteri Ekstraselular

Jenis-jenis sitokin yang disekresikan antara lain interleukin 1, interleukin 6, maupun tumor necrosis factor (TNF). Sitokin sitokin tersebut akan merangsang berbagai fungsi pertahanan tubuh. Misalnya sitokin yang diproduksi oleh makrofag akan memicu rangsangan inflamasi non spesifik.

10.5 Respon Sistem Imun Terhadap Bakteri Intraselular

Virus, jamur, maupun beberapa bakteri mampu melakukan replikasi di dalam sel host. Mikroorganisme yang paling berbahaya yaitu apabila resisten terhadap makrofag. Contoh bakteri intraselular antara lain *Listeria monocytogenes* dan mikrobakteria. Bakteri *Listeria monocytogenes* adalah patogen yang menyebabkan penyakit Listeriosis, gejalanya adalah demam, sakit kepala, sakit perut, serta diare. Penyakit ini merupakan jenis infeksi kronis yang dapat menyebabkan kematian, terutama apabila mengkonsumsi makanan yang terkontaminasi bakteri *Listeria monocytogenes*. Bakteri-bakteri tersebut mampu bertahan di sel host dengan menghambat pematangan fagosom. Bakteri *Listeria* mampu mengganggu fungsi efektor mikrobisida sel

host dengan masuk ke dalam sitosol. Selain itu beberapa bakteri ekstraselular dan mikrobakteria mampu bereplikasi di dalam sel sehingga dapat lolos dari proses fagositosis. Akibatnya faktor virulensi dari patogen baktogen ekstraseluler semakin meningkatkan patogenitas bakteri.



Gambar 10.7: Mekanisme Sistem Imun Spesifik Dan Non Spesifik Terhadap Bakteri Intraselular

Sistem imun non spesifik terhadap bakteri intraselular yaitu fagositosis. Namun mekanisme ini kurang efektif, karena bakteri intraselular kebal terhadap degradasi di dalam sel fagosit (Prezzemolo et al., 2014). Sistem imun adaptif atau spesifik terhadap bakteri intraselular dipengaruhi oleh kinerja imunitas selular. Sel limfosit T akan memproduksi sitokin untuk mensintesa makrofag, antara lain sitokin interferon α (IFN α). Sel T-helper (CD4⁺) dan T sitotoksik (CD8⁺) bekerja sama di dalam pertahanan melawan bakteri intraselular. Sel T-helper akan memberikan respon terhadap adanya antigen yang dipresentasikan oleh MHC class II dengan menghasilkan makrofag. Kemudian sel T sitotoksik akan memberikan respon dari antigen sitosol dengan menghancurkan sel yang terinfeksi (Altman et al, 2015).

Daftar Pustaka

- Abdulkhaleq, L. A., Assi, M. A., Abdullah, R., Zamri-Saad, M., Taufiq-Yap, Y. H., & Hezmee, M. N. M. (2018). The crucial roles of inflammatory mediators in inflammation: A review. *Veterinary World*, 11(5), 627–635. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.627-635>
- Agarwal, A. et al. (2014) 'Effect of Oxidative Stress on Male Reproduction', *The World Journal of Men's Health*, 32(1), p. 1. doi: 10.5534/wjmh.2014.32.1.1.
- Altman, R., Bosch, B., Brune, K., Patrignani, P., & Young, C. (2015). Advances in NSAID development: evolution of diclofenac products using pharmaceutical technology. *Drugs*, 75, 859-877..
- Annunziato, F., Romagnani, C., & Romagnani, S. (2015). The 3 major types of innate and adaptive cell-mediated effector immunity. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 135(3), 626–635. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2014.11.001>
- Apriza et al. (2020) *Konsep Dasar Keperawatan Maternitas*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Bahiyatun (2009) *Buku Ajar Kebidanan Nifas Normal*. Jakarta: EGC.
- Baratawidjaja, K. G., & Rengganis, I. (2018). *Imunologi Dasar*.pdf.
- Berg, J. (2020) *Proton transfer across and along biological membranes*.
- Bobak, I.M. et al. (2005) *Keperawatan Maternitas*. 4th edn. Jakarta: EGC.
- Boleng, D. T. (2015). *Bakteriologi Konsep-Konsep Dasar*. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.

- Boyer, P. D. et al. (1977) 'Oxidative Phosphorylation and Photophosphorylation', *Annual Review of Biochemistry*, 46(1), pp. 955–966. doi: 10.1146/annurev.bi.46.070177.004515.
- Campbell, N. A. dan J. B. Reece. (2017). *Biology Eleventh Edition*. Pearson Education Inc.
- Corwin, E. and Arbour, M. (2007) 'Postpartum fatigue and evidence based intervention', *MCN American Journal of Maternal/Child Nursing*, 32(4), pp. 215–220.
- Creasy, R. et al. (2014) *Creasy & Resnik's maternal-fetal medicine: Principles and practice*. 7th edn. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders.
- Cross, R.L. and Kohlbrenner, W. E. (1978) 'The mode of inhibition of oxidative phosphorylation by efrapeptin (A23871). Evidence for an alternating site mechanism for ATP synthesis', *Journal of Biological Chemistry*, 253(14), pp. 4865–4873. doi: 10.1016/s0021-9258(17)34626-4.
- Cunningham et al. (2013) *Obstetri Williams*. 23rd edn. Jakarta: EGC.
- Devi, A.K.B. (2022) *Anatomi Fisiologi dan Biokimia Keperawatan*. Pustaka Baru Press.
- Drs.H.Kimantoro, SKM, M.Kes dan Ns.Maryanan, SSiT, M.K. (2022) *Anatomi Fisiologi*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Duchen, M. R. (2000) 'Mitochondria and calcium: From cell signalling to cell death', *Journal of Physiology*, 529(1), pp. 57–68. doi: 10.1111/j.1469-7793.2000.00057.x.
- Ernawati Sinaga, Nonon Saribanon, S., Nailus Sa'adah, Ummu Salamah, Y.A.M. and Agusniar Trisnamiati, S.L. (2017) 'Manajemen Kesehatan Menstruasi', (April), p. 128.
- Evans, A. and De Franco, E. (2014) *Manual of obstetrics*. 8th edn. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Firani, N.K. (2017) *Metabolisme Karbohidrat: Tinjauan Biokimia dan Patologis*. Universitas Brawijaya Press.
- Fox (2008) *Human Physiology Tenth Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- Gajewski, E., Steckler, D. K. and Goldberg, R. N. (1986) 'Thermodynamics of the hydrolysis of adenosine 5'-triphosphate to adenosine 5'-diphosphate',

- Journal of Biological Chemistry, 261(27), pp. 12733–12737. doi: 10.1016/s0021-9258(18)67153-4.
- Gerasimovskaya, E. and Kaczmarek, E. (2010) Extracellular ATP and adenosine as regulators of endothelial cell function: Implications for health and disease, *Extracellular ATP and Adenosine as Regulators of Endothelial Cell Function: Implications for Health and Disease*. doi: 10.1007/978-90-481-3435-9.
- Gibson, John. (2003). *Fisiologi dan Anatomi Modelr untuk Perawat.Bulkul Keldoktelran EGC : Jakarta Buku Kedokteran EGC : Jakarta*
- Goodman, J. (2005) ‘Becoming an involved father of an infant’, *Journal of Obstetric, Gynecologic, and Neonatal Nursing*, 34(2), pp. 190–200.
- Griesenauer, B., Tran, T. M., Fortney, K. R., Janowicz, D. M., Johnson, P., Gao, H., Barnes, S., Wilson, L. S., Liu, Y., & Spinola, S. M. (2019). Determination of an interaction network between an extracellular bacterial pathogen and the human host. *MBio*, 10(3), 1–15. <https://doi.org/10.1128/mBio.01193-19>
- Hafsan. (2011). *Mikrobiologi Umum. Makassar : Alauddin Uiversiti Press*.
- Halliwell, B. and Whiteman, M. (2004) ‘Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: How should you do it and what do the results mean?’, *British Journal of Pharmacology*, 142(2), pp. 231–255. doi: 10.1038/sj.bjp.0705776.
- Harahap, D., G., S., dkk. (2021). *Dasar-Dasar Mikrobiologi dan Penerapannya. Bandung : Penerbit Widina Bhakti Persada*.
- Haryani, Halimatussadiyah, S. (2009) *Anatomi Fisiologi Manusia. Bandung: Cakra*.
- Heni Puji Wahyuningsih, S.SiT., M.Keb dan Dr. Yuni Kusmiyanti., M. (2017) *Bahan Ajar Kebidanan Anatomi Fisiologi. Jakarta*.
- Hepworth, M. R., & Sonnenberg, G. F. (2014). Regulation of the adaptive immune system by innate lymphoid cells. *Current Opinion in Immunology*, 27(1), 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.coi.2014.01.013>
- Irianto (2012) *Anatomi dan Fisiologi. Bandung: Alfabeta*.
- Irianto, Koes. (2014). *Anatomi Dan Fisiologi. Bandung: Alfabeta*.

- Kemenkes RI (2021) Buku Saku Merencanakan Kehamilan Sehat.
- King, T. et al. (2015) *Varney's midwifery*. 5th edn. Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning.
- Klaus, M. and Kennell, J. (1976) *Maternal Infant Bonding*. St. Louis: Mosby.
- Kurniati, Tuti. (2020). *Biologi Sel*. Bandung: CV Cendekia Press.
- Lelmana, Ronny, dkk. (2017). *Fisiologi Dasar untuk Mahasiswa Farmasi, Kelpelawlatan dan Keperawatan*. CV Buldi Utama. Yogyakarta.
- Lowdermilk, Perry and Cashion (2013) *Maternity nursing*. 8th Editio. Singapore: Elseiver.
- Luklukaningsih, Zulyina, (2014). *Anatomi Fisiologi dan Fisioterapi*. Nuha Medika. Yogyakarta
- Lutz, K. and May, K. (2007) 'The impact of high-risk pregnancy on the transition to parenthood', *International Journal of Childbirth Education*, 22(3), pp. 20–22.
- Mahendru, A.A. et al. (2014) 'A longitudinal study of maternal cardiovascular function from preconception to the postpartum period', *Journal of Hypertension*, 32(4), pp. 849–856. Available at: <https://doi.org/10.1097/HJH.000000000000090>.
- Manuaba, I.B.G. (2010) *Ilmu Kebidanan, Penyakit Kandungan dan Keluarga Berencana untuk Pendidikan Bidan*. 2nd edn. Jakarta: EGC.
- Marciniak, A. et al. (2009) 'Antioxidant capacity and physical exercise', *Biology of Sport*, 26(3), pp. 197–213. doi: 10.5604/20831862.894649.
- Marieb, E.N. and Brito, S. (2018) *Anatomy & physiology coloring workbook*. Twelfth ed. New York: Pearson.
- Marieb, E.N. and Jackson, P.B. (2018) *Essentials of Human Anatomy & Physiology Laboratory Manual*. Seventh Ed. New York: Pearson Education, Inc.
- Marieb, E.N. and Keller, S.M. (2018) *Essentials of Human Anatomy & Physiology*. Twelfth ed. Boston: Pearson.
- Martin, T.R. and Claver, P. (2019) *PHYSIOLOGY. FOUR TH ED*. New York: McGraw-Hill Education.

- Mattson, S. and Smith, J. (2016) Core curriculum for maternal-newborn nursing. 5th edn. St. Louis, MO: Elsevier Saunders.
- Mercer, R. (2004) 'Becoming a mother versus maternal role attainment', *Journal of Nursing Scholarship*, 36(3), pp. 226–232.
- Mitayani (2009) *Asuhan Keperawatan Maternitas*. Jakarta: Salemba Medika.
- Negri, S., Faris, P. and Moccia, F. (2021) 'Reactive oxygen species and endothelial Ca^{2+} signaling: Brothers in arms or partners in crime?', *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18). doi: 10.3390/ijms22189821.
- Nelson, A. (2003) 'Transition to motherhood', *Journal of Obstetric, Gynecologic, and Neonatal Nursing*, 32(4), pp. 465–477.
- Ni Nyoman Budiani, S.SiT, M.Biomed dan Ni Nyoman Sumiasih, SKM, M.P. (2016) *Modul Biologi Dasar dan Biologi Perkembangan*. Jakarta.
- Nicholson, L. B. (2016). The immune system. *Essays in Biochemistry*, 60(3), 275–301. <https://doi.org/10.1042/EBC20160017>
- Palawe, J.F.P. (2020) *Biokimia Pangan Hasil Perikanan*. Politeknik Negeri Nusa Utara.
- Parija, S. C. (2012). *Textbook of Microbiology and Immunology*. New Delhi : Elsevier.
- Perry et al. (2010) *Maternal Child Nursing Care*. Canada: Mosby Elseiver.
- Pratiwi, T., Silvia. (2008). *Mikrobiologi Farmasi*. Yogyakarta : Erlangga.
- Prawirohardjo, S. (2016) *Ilmu kebidanan*. 4th edn. Edited by A.B. Saifuddin, T. Rachimhadhi, and G.H. Wiknjastro. Jakarta: PT. Bina Pustaka Sarwono Prawirohardjo.
- Prezzemolo, T., Guggino, G., La Manna, M. P., Di Liberto, D. Di, Dieli, F., & Caccamo, N. (2014). Functional signatures of human CD4 and CD8 T cell responses to Mycobacterium tuberculosis. *Frontiers in Immunology*, 5(APR), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00180>
- Priastomo, Y., dkk. (2021). *Virologi*. Yogyakarta : Yayasan Kita Menulis.
- Putri, F.M. (2023) *Fisiologi dan Anatomi Manusia*. Yogyakarta: Anak Hebat Indonesia.

- Reed, P. W. and Lardy, H. A. (1975) 'Uncoupling and specific inhibition of phosphoryl transfer reactions in mitochondria by antibiotic A20668', *Journal of Biological Chemistry*, 250(10), pp. 3704–3708. doi: 10.1016/s0021-9258(19)41455-5.
- Reeder, S.J., Martin, L.L. and Koniak-Griffin, D. (2011) *Keperawatan Maternitas: Kesehatan Wanita, Bayi dan Keluarga*. 18th edn. Jakarta: EGC.
- Ricci, S.S. (2017) *Essentials of Maternity, Newborn, and Women's Health Nursing*. Edited by 4. Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Roers, A., Hiller, B., & Hornung, V. (2016). Recognition of Endogenous Nucleic Acids by the Innate Immune System. *Immunity*, 44(4), 739–754. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2016.04.002>
- Rubin, R. (1961) 'Basic Maternal Behavior', *Nursing Outlook*, 9, pp. 683–686.
- Ryan, M. T. and Hoogenraad, N. J. (2007) 'Mitochondrial-nuclear communications', *Annual Review of Biochemistry*, 76(February 2007), pp. 701–722. doi: 10.1146/annurev.biochem.76.052305.091720.
- Saifuddin, A.B., Rachimhadhi, T. and Wiknjosastro, G.H. (2018) *Ilmu Kebidanan Sarwono Prawirohardjo*. 4th edn. Jakarta: PT Bina Pustaka Sarwono Prawirohardjo.
- Saladin, K.. (2020) *Anatomy & Physiology The Unity of Form and Function Ninth Edition*. Ninth edit. New York: McGraw-Hill.
- Sherwood, L. (2013) *Introduction to Human Physiology*. 8th edn. Amerika Serikat: Yolanda Cossio.
- Siklus asam sitrat (2020) *Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas*. Available at: https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Siklus_asam_sitrat&oldid=16717140 (Accessed: 24 September 2023).
- Simaremare, D.D., Silaban, R. and Nurfajriani (2023) *BIOKIMIA METABOLISME*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Simon, A. K., Hollander, G. A., & McMichael, A. (2015). Evolution of the immune system in humans from infancy to old age. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1821). <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.3085>

- Sinaga, F. A. (2016) 'Stress oksidatif dan status antioksidan pada aktivitas fisik maksimal', *Jurnal Generasi Kampus*, 9(2), pp. 176–189. Available at: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/gk/article/view/7823>.
- Sismindari et al. (2021) *Biokimia Farmasi*. UGM PRESS.
- Sumbono, A. (2021) *Karbohidrat Seri Biokimia Pangan Dasar*. Deepublish.
- Sunardi, Jaka., dkk. (2020). *Anatomi Manusia*. UNY Press.
- Suprayitno, E. and Sulistiyati, T.D. (2017) *Metabolisme Protein*. Universitas Brawijaya Press.
- Suryani, Y., dan Taupiqurahman, O. (2021). *Mikrobiologi Dasar*. Bandung : LP2M UIN Sudan Gunung Jati Bandung.
- Susanti and Firdayanti (2021) *BUKU AJAR KIMIA KLINIK*. Penerbit NEM.
- Syafrudin and Hamidah (2009) *Kebidanan Komunitas*. Jakarta: EGC.
- Syahrizal, D., Puspita, N.A. and Marisa (2020) *Metabolisme dan Bioenergetika*. Syiah Kuala University Press.
- Syaifuddin (2012) *Anatomi Fisiologi untuk Keperawatan dan Kebidanan*. Edisi 4. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Syarifudin. (2011.) *Anatomi Tubuh Manusia Untuk Mahasiswa Keperawatan*. Jakarta: Salemba Medika.
- Talaro, K., dan Chess, B. (2018). *Foundations in Microbiology Basic Principles* 10th Edition. Mc Graw Hill.
- Terada, H. (1990) 'Uncouplers of oxidative phosphorylation', *Environmental Health Perspectives*, 87, pp. 213–218. doi: 10.1289/ehp.9087213.
- Thaiss, C. A., Levy, M., Itav, S., & Elinav, E. (2016). Integration of Innate Immune Signaling. *Trends in Immunology*, 37(2), 84–101. <https://doi.org/10.1016/j.it.2015.12.003>
- Tortora, G.J. and Derrickson, B. (2011) *Principles of Anatomy & Physiology: Maintenance and continuity of the Human Body*. 13th edn. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Vanputte, C. et al. (2020) *Twelfth Edition Jennifer Regan*. Twelfth Ed. New Jersey: McGraw-Hill Education.
- Villasari, A. (2021) *Fisiologi Menstruasi*.

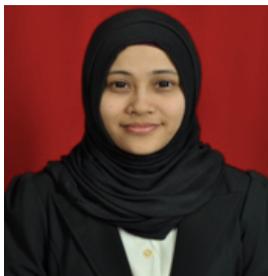
- Wahyuningsih., Heni Puji., Kusmiyati, Yeni. (2017). *Bahan Ajar Kebidanan Antomi Fisiologi*. Kemenkes RI.
- Waris, G. and Ahsan, H. (2006) 'Reactive oxygen species: Role in the development of cancer and various chronic conditions', *Journal of Carcinogenesis*, 5, pp. 1–8. doi: 10.1186/1477-3163-5-14.
- Weinberg, S. E., Sena, L. A., & Chandel, N. S. (2015). Mitochondria in the regulation of innate and adaptive immunity. *Immunity*, 42(3), 406–417. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2015.02.002>
- Wilson, Ross dan. (2017). *Dasar- Dasar Anatomi Dan Fisiologi*. Elsevier Singapore.
- Yulizawati et al. (2019) *Buku Ajar Asuhan Kebidanan Pada Persalinan*. Sidoarjo: Indopustaka Media.

Biodata Penulis



Elisa Ulfiana, S.SiT, M.Kes adalah seorang Pegawai Aparatur Sipil Negara (ASN) di Lingkungan Jurusan Kebidanan Poltekkes Kemenkes Semarang Provinsi Jawa Tengah yang lahir dan besar di Kabupaten Sragen, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Elisa merupakan panggilan sehari-harinya, menempuh DIII Kebidanan di Akbid Aisyiah Yogyakarta, dan melanjutkan sarjana kebidanan di DIV FK UGM serta melanjutkan di S2 Promosi kesehatan UNDIP, saat ini sedang

menempuh S3 Kesehatan masyarakat di UNNES. Setelah menyelesaikan gelar sarjana, pada tahun 2003 - 2004 bekerja di AKbid pemkab Kudus, kemudian pada tahun 2005 - sekarang bekerja di jurusan kebidanan Poltekkes kemenkes semarang sebagai pegawai Aparatur Sipil Negara (ASN) dengan jabatan dosen lektor, beberapa mata kuliah yang diampu diantaranya adalah asuhan kebidanan nifas dan menyusui, promosi kesehatan, asuhan kesehatan reproduksi dan pelayanan KB serta mengajar MK metodik khusus. Selain sebagai dosen Elisa juga mempunyai sertifikasi sebagai konselor ASI dan menjadi narasumber dalam pelatihan pembimbing praktik klinik untuk Clinical Instructional. Riwayat Pekerjaan ini mencerminkan dedikasi dan komitmen Elisa terhadap pengabdianya kepada pemerintah dan profesi kebidanan dalam mengabdikan diri sebagai seorang ASN untuk menciptakan generasi kesehatan yang profesional.



Naimah Nasution lahir di Kota Padangsidimpuan, pada 09 Agustus 1990. Dia tercatat sebagai lulusan D-III Poltekkes Kemenkes Medan, D-IV di Universitas Sumatera Utara dan lulusan S-2 di Poltekkes Kemenkes Semarang. Pengalaman kerja yang dimiliki yaitu pernah bekerja di Praktik Bidan mandiri tahun 2012-2013, sebagai pendamping PKH di Kementerian Sosial tahun 2015-2016 dan sebagai

tenaga kesehatan di Nusantara Sehat Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2016-2018. Aktivitas penulis saat ini adalah bekerja di salah satu Institusi Kesehatan Deli Husada Deli Tua dari tahun 2022 - sekarang dan mengajar di Program Studi Kebidanan Diploma Tiga dan Program Sarjana Kebidanan.



Johani Dewita Nasution, lahir di Kota Pinang, pada 12 Mei 1965. Ia tercatat sebagai lulusan Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara. Wanita yang disapa Jo ini adalah anak dari pasangan Alm. H. Abdul Hakim Nasution, (ayah) dan Almh Hj. Hafsyah Dalimunthe. Johani bekerja di Poltekkes Medan seljak Tahun 2000.



Nilda Yulita Siregar. Saat ini sedang bekerja di Poltekkes Kemenkes Medan jurusan Kebidanan sebagai dosen tetap Program Studi D3 Kebidanan Medan. Sebelumnya mengikuti Pendidikan Program D3 Kebidanan di Poltekkes Kemenkes Medan, D4 Bidan Pendidik di Universitas RS Haji Medan dan S2 di USU Fakultas Kesehatan Masyarakat Peminatan Kesehatan Reproduksi.

E-mail: nildayulitasiregar@gmail.com



Abbas Mahmud, lahir di Ujung Pandang, pada 11 Januari 1974. Ia tercatat sebagai lulusan Sarjana Farmasi dan Profesi Apoteker di Universitas Hasanuddin (UNHAS), Magister (S2) di bidang Biomedik – Mikrobiologi juga dari Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Pria yang kerap disapa Abbas ini adalah anak dari pasangan H. Mahmud (ayah) dan Hj. Hasnah (ibu). Abbas Mahmud bekerja sebagai Dosen di Jurusan Kebidanan Poltekkes Kemenkes Mamuju sejak 2012. Email: abbas.mahmud11@gmail.com



Mukhoirotin, S. Kep., Ns., M. Kep., lahir di Jombang, 28 Maret 1978. Lulus Studi Program Diploma Keperawatan di AKPER Darul Ulum Jombang tahun 1998, Sarjana Keperawatan dan Profesi Ners Universitas Airlangga Surabaya tahun 2007. Selanjutnya pada tahun 2012 melanjutkan ke Program Pascasarjana Magister Keperawatan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta lulus tahun 2014.

Pada tahun 2000 sampai sekarang menjadi tenaga pendidik di Universitas Pesantren Tinggi Darul Ulum (UNIPDU) Jombang, tahun 2007 s.d 2009 menjabat sebagai Kepala Departemen Ilmu Keperawatan Maternitas Program Studi Sarjana Ilmu Keperawatan FIK Unipdu, tahun 2010 s.d 2014 menjadi staf logistik dan Maintenance Laboratorium FIK Unipdu, tahun 2010 s.d 2012 menjadi Sekretaris Prodi Profesi Ners dan tahun 2015 sampai Agustus 2023 menjadi Sekretaris bidang Akademik Program Studi Sarjana Ilmu Keperawatan FIK Unipdu Jombang.

Buku yang pernah diterbitkan oleh penulis berjudul Pendidikan Kesehatan Persalinan (2017) dan DISMENOREA: Cara Mudah Mengatasi Nyeri Haid (2018). Selain itu juga penulis telah menulis buku kolaborasi dan menulis artikel di jurnal nasional maupun internasional.

E-mail: mukhoirotin@fik.unipdu.ac.id



Prima Endang Susilowati lahir di Tegal, pada 2 Oktober 1968. Wanita yang kerap disapa Prima ini adalah anak pertama dari pasangan Almarhum Nurhedi (ayah) dan Almarhumah Soefiatin (ibu). Ia tercatat sebagai lulusan Program Doktor Institut Teknologi Bandung (2008), bidang ilmu yang ditekuni adalah Kimia-Biokimia. Prima Endang Susilowati adalah dosen Program Studi Gizi Universitas Siliwangi Tasikmalaya sejak tahun 2022, sebelumnya bekerja sebagai dosen Universitas Halu Oleo (Tahun 1996-2021). Mata kuliah yang diampu adalah biokimia, mikrobiologi, bioteknologi, mikrobiologi industri, metabolisme zat gizi makro, metabolisme zat gizi mikro, kimia dasar, rekayasa genetik, makan halal.



Safaruddin, Lahir Di Patimpeng, Kabupaten Bone pada tanggal 15 Mei 1982. Saat ini bertugas sebagai Dosen pada program Studi Profesi Apoteker di Fakultas Farmasi Universitas Megarezky. Pendidikan telah ditempuh di tiga universitas yang berbeda, Pendidikan S1 Ilmu Pendidikan Di peroleh Universitas Muhammadiyah Makassar, dan S1 Ilmu Farmasi Universitas Islam Makassar, Profesi Apoteker dan Magister Ditempuh di Universitas Hasanuddin

Dalam keseharian bertugas Sebagai Dosen, juga bertugas sebagai Praktisi Pada Apotek Nur Ilmi. Beberapa matakuliah yang menjadi focus Keilmuan yaitu yang menjadi perpaduan antara Teori dan Praktek dalam dunia Farmasi. Yaitu Biofarmasi, Teknologi Farmasi, Managemen Farmasi dan Kewirausahaan.

Email : safar_patimpeng@yahoo.com



Herviani Sari, lahir di Kisaran 21 Oktober 1989. bungsu dari empat bersaudara ini menyelesaikan pendidikan Sarjananya di Universitas Negeri Medan, pada Program Studi Pendidikan Biologi di Tahun 2011. Kemudian melanjutkan ke jenjang S2 di Universitas Sumatera Utara pada Program Studi Magister Biomedik dan lulus di tahun 2016. Saat ini penulis aktif bekerja sebagai staff dosen tetap di Institut Kesehatan Deli Husada Deli Tua, Sumatera Utara pada Program Studi Sarjana Farmasi.



Fania Putri Luhurningytas, lahir pada tanggal 27 April. Penulis telah menyelesaikan pendidikan Magister Ilmu Farmasi di Sekolah Farmasi Institut Teknologi Bandung tahun 2016, dan pendidikan Profesi Apoteker serta Sarjana di Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta tahun 2014. Bidang keilmuan penulis adalah Farmakologi Bahan Alam.

Penulis mengajar mata kuliah Biokimia, Kimia, Fitokimia, Farmakologi Molekuler, dan Toksikologi.

Penulis aktif melakukan penelitian terkait pemanfaatan bahan alam lokal yang digunakan sebagai terapi komplementer untuk penyakit degeneratif serta imunomodulator. Dan telah menulis artikel penelitian di berbagai jurnal ilmiah.

E-mail: faniaputri@untidar.ac.id

Biologi

Dasar Manusia

Buku ini dibuat untuk membantu menambah pengetahuan dan sumber bacaan mengenai anatomi tubuh dan struktur fungsi sel yang secara dibahas secara ringkas diharapkan dapat dipahami dan dimengerti oleh para pembaca.

Buku ini membahas :

Bab 1 Konsep Dasar Anatomi Tubuh dan Struktur Fungsi Sel

Bab 2 Proses Menstruasi dan Proses Kehamilan

Bab 3 Sistem Tubuh Manusia, Anatomi dan Sistem Persarafan

Bab 4 Anatomi Sistem Panca Indera, Pencernaan dan Perkemihan

Bab 5 Anatomi Fisiologi Sistem Reproduksi Pria dan Wanita

Bab 6 Anatomi Fisiologi Payudara, Persalinan dan Nifas

Bab 7 Oksidasi Biologi dan Senyawa Berenergi Tinggi

Bab 8 Siklus Asam Sitrat pada Metabolisme Karbohidrat, Lipid dan Protein

Bab 9 Mikrobiologi dan Virologi Dasar

Bab 10 Konsep Dasar Imunologi dan Dasar-Dasar Mikrobiologi



YAYASAN KITA MENULIS
press@kitamenulis.id
www.kitamenulis.id

ISBN 978-623-342-979-5

