



BUKU AJAR

ILMU DASAR KEPERAWATAN 1

Nurvita Risdiana, S. Kep., Ns., M. Sc.



BUKU AJAR

ILMU DASAR KEPERAWATAN 1

Nurvita Risdiana, S. Kep., Ns., M. Sc.



Sanksi Pelanggaran Pasal 113 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, sebagaimana yang telah diatur dan diubah dari Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002, bahwa;
Kutipan Pasal 113

- 1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 100.000.000,00,- (seratus 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 c, huruf d, huruf t, 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,- (lima ratus juta rupiah).
- 3) 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,- (satu miliar rupiah).
- 4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,- (empat miliar rupiah)

BUKU AJAR

ILMU DASAR KEPERAWATAN 1

Editor:

Nurvita Risdiana, S. Kep., Ns., M. Sc

Penulis :

Nurvita Risdiana, S. Kep., Ns., M. Sc

Syahruramdhani, S. Kep., Ns., M. Sc., MSN.

Resti Yulianti Sutrisno, M. Kep., Ns., Sp. Kep., MB.

Dewi Puspita, S. Kp., M. Sc.

Al Afik, S. Kep., Ns., M. Kep.

Dra. Yoni Astuti, M. Kes., Ph. D.

Dr. dr. Ratna Indriawati, M. Kes.

dr. Ika Setyawati, M. Sc.



BUKU AJAR ILMU DASAR KEPERAWATAN 1

Edisi pertama
Copyright 2018

ISBN:

978-602-5450-90-7
14 × 19 cm
xxx + 288 hlm., Desember 2018

Penulis:

Nurvita Risdiana, S. Kep., Ns., M. Sc., dkk



LP3M Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Gedung Mas Mansyur D2, Kampus Terpadu UMY Jalan Lingkar Selatan
Tamantirto Kasihan, Bantul, Yogyakarta Indonesia 55183

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala petunjuk dan ridho- Nya dan tidak ada yang berhak disembah selain Allah SWT

Nabi Muhammad SAW, nabi seluruh umat sebagai pembawa rahmat bagi seluruh umat

Orang tua, suami dan istri serta anak anak kami sebagi sumber inspirasi dalam kehidupan kami

Program Studi Ilmu Keperawatan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta tempat kami mengabdikan diri semoga menjadi ladang ibadah kami mencari surga Nya serta terima kasih kami atas segala kesempatan dan kebaikan sehingga kami dapat mencapai apa yang menjadi tujuan kami

Rekan-rekan dosen dan karyawan di Program Studi Ilmu Keperawatan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sebagai keluarga kedua terima kasih atas keluarga yang nyaman ini

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta terima kasih atas segala dukungan dan kesempatan kepada kami untuk berkarya

Mahasiswa tercinta sebagai sumber ilmu untuk kami dalam mengembangkan diri

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSEMBAHAN	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xxi
DAFTAR SINGKATAN	xxiii
KATA PENGANTAR	xxvii
PRAKATA	xxix
BAB I Konsep Genetika.....	1
I. 1. Konsep dasar genetika manusia	1
I. 2. Struktur dan fungsi inti sel.....	2
I. 3. Sifat pewarisan.....	2
I. 4. Kromosom.....	3
I. 5. Istilah dan symbol dalam genetika.....	3
I. 6. Dasar kromosomal pewarisan	4
I. 7. Penyimpangan hukum Mendel	6
I. 8. Kelainan jumlah kromosom.....	11
I. 9. Kelainan struktur kromosom.....	12
BAB II Gizi dalam Keperawatan I.....	17
II. 1. Anabolisme dan katabolisme	17
II. 2. Metabolisme karbohidrat	20

II. 3. Metabolisme lipid.....	21
II. 4. Metabolisme protein.....	23
II. 5. Metabolisme purin pirimidin.....	26
BAB III Gizi dalam Keperawatan II.....	33
III. 1. Overview metabolisme nutrisi.....	33
III. 2. Absorpsi.....	34
III. 3. Peran vitamin.....	39
III. 4. Peran mineral.....	46
BAB IV Homeostasis dan Keseimbangan Elektrolit.....	55
IV. 1. Kompartemen dan komposisi cairan tubuh.....	55
IV. 2. Komposisi elektrolit didalam tubuh.....	58
IV. 3. Larutan isotonic, hipotonik dan hipertonic.....	62
IV. 4. Keseimbangan asam basa.....	64
IV. 5. Gangguan keseimbangan asam basa.....	66
BAB V Sistem Saraf.....	73
V. 1. Overview sistem saraf.....	73
V. 2. Anatomi sistem saraf.....	76
V. 3. Fisiologi sel saraf.....	80
V. 4. Transmisi sinyal di sinaps.....	83
V. 5. Neurotransmitter.....	86
BAB VI Sistem Saraf Otonom.....	91
VI. 1. Pembagian system saraf.....	91
VI. 2. Karakteristik system saraf otonom.....	92
VI. 3. Sistem saraf simpatis.....	93
VI. 4. Sistem saraf parasimpatis.....	93
VI. 5. Sistem saraf enterik.....	94
VI. 6. Neurotransmitter dan reseptor.....	95
VI. 7. Efek stimulasi saraf otonom.....	96

VI. 8. Respon simpatis.....	99
VI. 9. Respon parasimpatis.....	100
BAB VII Saraf Spinal dan Reflex.....	103
VII. 1. Korda spinal	103
VII. 3. Refleks dan perbedaannya dengan aksi motorik lain	106
VII. 4. Komponen umum dalam lengkung reflex (reflex arc)	106
VII. 5. Tipe dan fungsi reflex somatic	106
BAB VIII Sistem Kardiovaskuler	113
VIII. 1. Prinsip dasar sistem kardiovaskuler	113
VIII. 2. Struktur jantung	114
VIII. 3. Perikardium.....	115
VIII. 4. Dinding dan ruangan Jantung	116
VIII. 5. Bunyi jantung.....	119
VIII. 6. Pembuluh darah dan inervasi Jantung.....	120
VIII. 7. Persyarafan Jantung.....	122
VIII. 8. Sistem konduksi jantung.....	123
VIII. 9. Siklus jantung.....	126
VIII. 10. Pembuluh darah jantung	127
VIII. 11. Sirkulasi darah.....	129
BAB IX Sistem Limfatik dan Imunitas	137
IX. 1. Sistem limfatik manusia	137
IX. 2. Organ-organ dan jaringan system limfatik.....	140
IX. 3. Fungsi system limfatik.....	142
IX. 4. Sistem pertahanan tubuh manusia.....	143
IX. 5. Macam-macam kekebalan tubuh manusia	148
IX. 6. Kelainan atau penyakit pada system imunitas manusia.....	149

BAB X Sistem Perkemihan.....	153
X. 1. Prinsip dasar sistem perkemihan	153
X. 2. Anatomi dan Fisiologi Sistem Perkemihan	154
X. 3. Pembuluh darah dan syaraf ginjal.....	158
X. 4. Persyarafan Ginjal.....	159
X. 5. Fungsi ginjal.....	159
X. 7. Vesika urinaria	162
X. 8. Uretra.....	162
X. 9. Mikturisi.....	164
X. 10. Proses pembentukan urin	165
X. 11. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi urin	166
BAB XI Sistem Respirasi	171
XI. 1. Overview system respirasi.....	171
XI. 2. Anatomi system respirasi.....	172
XI. 3. Fisiologi respirasi.....	180
XI. 4. Difusi gas pulmonal.....	183
XI. 5. Difusi gas di jaringan	184
XI. 6. Transportasi oksigen dan karbondioksida.....	184
XI. 7. Kontrol pernafasan	185
XI. 8. Regulasi kontrol pernafasan.....	187
BAB XII Sistem Endokrin.....	193
XII. 1. Overview sistem endokrin.....	193
XII. 2. Ciri-ciri hormon	194
XII. 3. Sifat hormon.....	195
XII. 4. Fungsi hormon.....	195
XII. 5. Klasifikasi hormon.....	195
XII. 6. Mekanisme kerja hormon	197
XII. 7. Hormon lobus anterior dan posterior.....	199

BAB XIII Sistem Digesti.....	207
XIII. 1. Prinsip dasar sistem digesti.....	207
XIII. 3. Fisiologi sistem digesti.....	217
XIII. 4. Tahapan dan proses sistem digesti.....	221
BAB XIV Sistem Muskular	227
XIV. 1. Fungsi dan manfaat jaringan otot.....	227
XIV. 2. Macam-macam jaringan otot	228
XIV. 3. Histologi jaringan otot.....	230
XIV. 4. Persyarafan dan pembuluh darah pada jaringan otot	231
XIV. 5. Mekanisme kontraksi otot	236
XIV. 6. Neuromuskular junction.....	237
BAB XV Sistem Reproduksi	243
XV. 1. Anatomi system reproduksi pria	243
XVI. 2. Spermatogenesis	245
XVI. 3. Kelenjar asesories sistem reproduksi pria.....	246
XV. 4. Anatomi Sistem Reproduksi Wanita	249
XVI. 5. Oogenesis dan pembentukan folikel.....	250
BAB XVI Sistem Integumen.....	261
XVI. 1. Struktur kulit.....	261
XVI. 2. Struktur asesoris rambut.....	266
XVI. 3. Kulit dan proses penyembuhan luka	270
INDEKS.....	277
TENTANG PENULIS	281
KONTRIBUTOR	282

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Gangguan keseimbangan asam basa.....	68
Tabel 5. 1. Perbedaan graded potensial dengan potensial aksi.....	80
Tabel 12. 1. Hormon-hormon kelenjar tiroid dan aksinya.....	202

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Perkawinan monohibrid (Suryo, 2016).....	5
Gambar 1. 2. Model perkawinan kacang bulat kuning dengan kacang kisut hijau menghasilkan keturunan 2 dengan perbandingan 9:3:3:1 (bulat kuning: kisut kuning: bulat hijau: kisut hijau) (Suryo, 2016).....	6
Gambar 1. 3. Model perkawinan geneotip heterogen ayam berjambul kacang dengan ayam berjambul mawar menghasilkan keturunan kedua dengan perbandingan ayam berjambul biji: kacang: mawar: tunggal adalah 9: 3:3:1 (Suryo, 2016).	7
Gambar I. 4. Model perkawinan antar kacang buncis putih dengan kacang buncis putif (genotip heterogen) akan menghasilkan keturunan dengan perbandingan ungu: putih sebesar : 9:7.	8
Gambar 2. 1. Skema jalur katabolisme karbohidrat, protein, lipid. Semua jalur memproduksi asetil-KoA dan akan dioksidasi pada siklus asam sitrat (Murray, Bender & Botham <i>et al.</i> , 2009).....	19
Gambar 2. 2. Proses interaksi metabolisme karbohidrat, lipid dan protein (Weissman, 2014).....	19
Gambar 2. 3. Metabolisme karbohidrat (Murray, Bender & Botham <i>et al.</i> , 2009).....	21
Gambar 2. 4. Proses katabolisme purin dengan produk akhir asam urat (Murray, Bender & Botham <i>et al.</i> , 2009)	28

Gambar 2. 5. Proses katabolisme pirimidin (Murray, Bender, Botham & <i>et al.</i> , 2009)	28
Gambar 4. 1. Kompartemen air didalam tubuh (Tortora & Derrickson, 2012)	56
Gambar 4. 2. Komposisi elektrolit dalam kompartemen tubuh (Tortora & Derrickson, 2012).....	59
Gambar 5. 1. Neuron (Tortora & Derickson, 2009).....	77
Gambar 7. 1. Korda spinal dari sisi dorsal (Saladin, 2003)	104
Gambar 7. 2. Korda spinal thoracic (Saladin, 2003).....	105
Gambar 7. 3. Traktus ascending dan descending korda spinal (Saladin, 2003).....	105
Gambar 7. 4. Refleks tendon patella (Saladin, 2003)	107
Gambar 7. 5. Refleks fleksor (Kiri) dan refleks ekstensi menyilang (kanan) (Saladin, 2003).....	108
Gambar 8. 1. Rongga mediastinum dan bagian – bagian mediastinum (Paulsen & Waschke, 2013).....	114
Gambar 8. 2. Jantung (Paulsen & Waschke, 2013)	115
Gambar 8. 3 lapisan jantung dari sisi samping (Tortora, 2012).....	116
Gambar 8. 4. Lapidan dinding jantung (Paulsen & Washke, 2013)	117
Gambar 8. 5. Ruang dan katup jantung (Tortora, 2012)	118
Gambar 8.6. Katup jantung (Tortora, 2012).....	120
Gambar 8. 7. Arteri koronaria dan percabangannya. (A) Dilihat dari anterior. (B) Dilihat dari posteroinferior (Tortora, 2012)	121
Gambar 8. 8. Vena cardiaca dan percabangannya (Paulsen & Waschke, 2013)	122
Gambar 8. 9. Sistem konduksi jantung (Tortora, 2012).....	123
Gambar 8. 10. Sistem konduksi pada posisi ruang jantung (Paulsen & Waschke, 2013).....	124
Gambar 8. 11. Gambaran EKG dan sistem konduksi (Tortora, 2012).....	125

Gambar 8. 12. Peran utama jantung dalam sistem peredaran darah (Tortora, 2012)	127
Gambar 8. 13. Struktur lapisan pembuluh darah (Tortora, 2012).....	128
Gambar 8. 14. Sirkulasi darah dalam jantung (Sobota, 2013).....	130
Gambar 10.1. Anatomi sistem perkemihan (Tortora, 2012).....	154
Gambar 10. 2. Stuktur ginjal dan letak didalam tubuh (Tortora, 2012).....	155
Gambar 10. 3. Pandangan inferior bagian melintang abdomen (Tortora, 2012).....	156
Gambar 10. 4. Anatomy internal ginjal (Sobota, 2013).....	157
Gambar 10. 5. Bagian dari nefron dan perjalanan cairan di nefron (Tortora, 2012)	158
Gambar 10. 6. Ureter (Tortora, 2012)	161
Gambar 10. 7. Uretra pada wanita (Tortora, 2012)	163
Gambar 10. 8. Uretra laki-laki (Tortora, 2012).....	164
Gambar 11. 1. Saluran pernapasan (Therespiratorysystem, 2017).....	172
Gambar 11. 2. Faring (Tortora & Derrickson, 2012).....	173
Gambar 11. 3. Laring (Tortora & Derrickson, 2012)	174
Gambar 11. 4. Trakea dan bronkus (Medical-Legal Illustrator & Animator, n.d. 2018).....	175
Gambar 11. 5. Pembagian lobus paru (Tortora & Derrickson, 2012).....	177
Gambar 11. 6. Otot pernapasan (Tortora & Derrickson, 2012).....	178
Gambar11. 7. Pleura (Pleural Mesothelioma, n.d.) (Tortora & Derrickson, 2012).....	179
Gambar 11. 8. Perbedaan tekanan pada saat istirahat, inspirasi, dan ekspirasi (Tortora & Derrickson, 2012).....	182

Gambar 11. 9. Proses inspirasi dan ekspirasi (Tortora & Derrickson, 2012)	183
Gambar 11. 10. Pertukaran serta transportasi oksigen dan karbondioksida (Tortora & Derrickson, 2012)	185
Gambar 11. 11. Pengaturan pernapasan selama inspirasi dan ekspirasi (Tortora & Derrickson, 2012)	186
Gambar 11. 12. Pusat pernapasan (Tortora & Derrickson, 2012)	188
Gambar 11. 13. Kemoreseptor pernafasan (Tortora & Derrickson, 2012)	188
Gambar 13. 1. Anatomi sistem digesti (Tortora & Derrickson, 2012)	208
Gambar 13. 2. Struktur mulut (Rongga Mulut) (Tortora & Derrickson, 2012)	209
Gambar 13. 3. Posisi dan struktur esophagus (Tortora & Derrickson, 2012)	209
Gambar 13. 5. Anatomi usus halus (Tortora & Derrickson, 2012)	211
Gambar 13. 6. Lapisan usus halus (Tortora & Derrickson, 2012)	212
Gambar 13. 7. Anatomi usus besar (Tortora & Derrickson, 2012)	214
Gambar 13. 8. Letak kelenjar saliva (Sherwood, 2007)	214
Gambar 13. 9. Anatomi hati, empedu dan pancreas (Tortora & Derrickson, 2012)	217
Gambar 13. 10. Proses segmentasi dan <i>Migration Motility Complex</i> (MMC) (Sherwood, 2007; Tortora & Derrickson, 2012)	218
Gambar 13. 11. Inervasi saraf pada saluran pencernaan (Saladin, 2003)	223
Gambar 14. 1. Jaringan otot (Tortora & Derickson, 2009)	230
Gambar 14. 2. Serat otot (Tortora & Derickson, 2009)	233

Gambar 14. 3. Filamen (Tortora & Derickson, 2009).....	234
Gambar 14. 4. Filamen tebal dan tipis (Tortora & Derickson, 2009).....	235
Gambar 14. 5. Neuromuscular Junction (Tortora & Derickson, 2009).....	238
Gambar 14. 6. Mekanisme kontraksi otot (Tortora & Derickson, 2009).....	239
Gambar 15. 1. Organ reproduksi pria (Tortora & Derrickson, 2012).....	244
Gambar 15. 2. Organ asesories reproduksi pria (Tortora & Dericckson, 2012).....	246
Gambar 15. 3. Anatomi sistem reproduksi wanita (Tortora & Derrickson, 2012).....	250
Gambar 15. 4. Oogenesis dan pembentukan folikel (Tortora & Derickson, 2012).....	252
Gambar 15. 5. Ringkasan interaksi hormon pada ovarium dan siklus uterus (Tortora & Derickson, 2012).....	256
Gambar 16. 1. Struktur kulit (Saladin, 2003).....	261
Gambar 16. 2. Tipe sel pada struktur kulit (Saladin, 2003).....	263
Gambar 16. 3. Sel melanin pada kulit (Saladin, 2003).....	264
Gambar 16. 4. Sel Langerhans (Tortora & Derickson, 2009).....	265
Gambar 16. 5. <i>Cutaneous sensation</i> (Tortora & Derrickson, 2009).....	269
Gambar 16. 6. <i>Epidermal wound healing</i> (Tortora & Derickson, 2009).....	271

DAFTAR SIMBOL

α : alfa
 β : beta

DAFTAR SINGKATAN

Ach	: Asetilkolin
ACTH	: Adrenokortikoid
ADH	: Antidiuretik Hormon
ADP	: Adenosin difosfat
Asetil-KoA	: Asetil koezim A
ATP	: Adenosin trifosfat
ATS	: Anti Tetanus Serum
AV	: Atrio Ventrikular
Ca ²⁺	: Kalsium
CES	: Cairan Ekstra Seluler
CIS	: Cairan Intra Seluler
Cl ⁻	: Klorida
CO ₂	: Karbondioksida
CRH	: <i>Corticotropin Releasing Hormone</i>
D3PG	: D-3-fosfogliserat
DM	: Diabetes Melitus
DNA	: Asam deoksiribonukleat
EKG	: Elektokardiogram
EPSP	: <i>Excitatory Postsynaptic Potential</i>
FFA	: <i>Free Fatty Acid</i>
FSH	: <i>Folicle Stimulating Hormon</i>
GH	: <i>Growth Hormon</i>

GHRF	: <i>Growth Hormone Releasing Factor</i>
GI	: Gastrointestinal
GnRH	: <i>Gonadotropin Releasing Hormone</i>
H ₂ O	: Hidrogen dioksida
H ₂ PO ₄	: Dihidrogen Fosfat
hcG	: <i>human chorionic gonadotropin</i>
HCO ₃ ⁻	: Bikarbonat
HDL	: High Density Lipoprotein
HPO ₄ ²⁻	: Hidrogen fosfat
IMP	: Inosin monofosfat
IPSP	: <i>Inhibitory Postsynaptic Potential</i>
K ⁺	: Kalium
LDL	: <i>Low Density Lipoprotein</i>
LH	: <i>Lutheinizng Hormon</i>
Mg ²⁺	: Magnesium
Na ⁺	: Natrium
NaCl	: Natrium Klorida
NADPH	: Nikotinamida Adenin Dinukleotida Fosfat
NH ₂	: Gugus amino
NH ₃	: Amonia
NH ₄ ⁺	: Amonium
NK	: Natural Killer
NMJ	: <i>Neuromuskularjunction</i>
NO	: Nitrit Oxide
PIH	: Prolactin Inhibiting Factor
PTH	: Paratiroid Hormon
RL	: Ringer Laktat
RNA	: Asam ribonukleat
SA	: Sino Atrial
SO ₄ ²⁻	: Sulfat
TBG	: <i>Thyroxine Binding Globulin</i>

TBPA	: <i>Thyroxine Binding Prealbumin</i>
TBW	: <i>Total Body Weight</i>
TRH	: <i>Tyroid Releasing Hormone</i>
TSH	: <i>Tiroid Stimulating Hormon</i>
UV	: <i>Ultra Violet</i>
VLDL	: <i>Very Low Density</i>
VU	: <i>Vesica Urinaria</i>

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya bagi Allah, kami memuji-Nya, memohon pertolongan dan ampunan kepada-Nya, kami berlandung kepada Allah dari kejahatan diri-diri kami dan kejelekan amal perbuatan kami. Barangsiapa yang Allah beri petunjuk, maka tidak ada yang dapat menyesatkannya, dan barangsiapa yang Allah sesatkan, maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Alhamdulillahrabbi'alamin puji syukur ke hadirat Allah SWT atas semua nikmatNya, penulis dapat menyelesaikan buku ini. Sholawat dan salam semoga tercurah kepada Nabi akhir jaman, penuntun manusia dari kegelapan ke cahaya terang benderang Rasulullah Muhammad SAW, kepada keluarga, sahabat dan ummat terakhir.

Buku ajar ini merupakan buku yang dapat dijadikan ajuan pada Program Studi Ilmu Keperawatan pada mata kuliah Ilmu Dasar Keperawatan 1. Mata kuliah ini merupakan bagian dari kelompok ilmu alam dasar yang membahas tentang konsep biologi, fisika, biokimia, gizi dengan memperhatikan lingkungan dan etika keilmuan, serta konsep-konsep anatomi dan fisiologi manusia dalam mempertahankan homeostasis tubuh.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya buku ini. Kepada Program Studi Ilmu Keperawatan FKIK UMY, keluarga dan teman-teman atas semua dukungannya, semoga menjadi amal ibadah dengan pahala berlimpah. Semoga buku ini dapat memberikan kemanfaatan baik

bagi mahasiswa maupun tim pengajar khususnya tim dosen Ilmu Dasar Keperawatan 1. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan buku ini, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan ke depan.

PRAKATA

Alhamdulillahirobillalamin. Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan buku ajar ini. Buku Ajar Ilmu Dasar Keperawatan I ini dibuat berdasarkan kebutuhan mahasiswa Ilmu Keperawatan Ners berdasarkan Kurikulum Pendidikan Ners yang mengacu pada Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI).

Buku Ajar Ilmu Dasar Keperawatan I merupakan bagian dari kelompok ilmu alam dasar yang membahas tentang konsep biologi, fisika, biokimia, gizi dengan memperhatikan lingkungan dan etika keilmuan, serta konsep-konsep anatomi dan fisiologi manusia dalam mempertahankan homeostasis tubuh.

Capaian Pembelajaran yang dimiliki oleh Mahasiswa setelah mengikuti Blok Ilmu Dasar Keperawatan adalah mahasiswa mampu menerapkan konsep biologi sel dan genetika sebagai suatu pendekatan dalam menyelesaikan masalah keperawatan, menerapkan prinsip-prinsip fisika (biomekanik dan biolistrik) sebagai suatu pendekatan dalam menyelesaikan masalah keperawatan, menganalisis masalah keperawatan dengan menggunakan prinsip-prinsip biokimia dan gizi sebagai bagian pendekatan holistik keperawatan, menjelaskan konsep-konsep anatomi dan fisiologi manusia sebagai suatu pendekatan dalam menyelesaikan masalah keperawatan, menjelaskan mekanisme fisiologi tubuh manusia dalam

berbagai aktifitas, menjelaskan mekanisme fisiologi tubuh manusia dalam mempertahankan homeostasis tubuh.

Buku Ajar ini bisa dimanfaatkan oleh seluruh mahasiswa kesehatann khususnya mahasiswa ilmu keperawatan untuk memperdalam ilmu dasar dalam keperawatan.

BAB I

Konsep Genetika

Oleh: Dra. Yoni Astuti, M. Kes. Ph.D

Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa memahami tentang konsep dasar genetika manusia
2. Mahasiswa memahami tentang struktur dan fungsi inti sel
3. Mahasiswa memahami tentang sifat pewarisan
4. Mahasiswa memahami tentang kromosom
5. Mahasiswa memahami tentang istilah dan symbol dalam genetika
6. Mahasiswa memahami tentang dasar kromosomal pewarisan
7. Mahasiswa memahami tentang penyimpangan hukum mendel
8. Mahasiswa memahami tentang kelainan struktur kromosom

I. 1. Konsep dasar genetika manusia

Makhluk hidup memiliki sifat alamiah yaitu melestarikan keturunan supaya jenisnya tidak punah. Makhluk hidup tingkat tinggi dilengkapi dengan alat reproduksi (seksual) sebagai sarana untuk melestarikan keturunannya. Genetika adalah Ilmu tentang Pewarisan sifat dan variasinya, yang diturunkan orang tua melalui gene tertentu kepada anaknya sehingga anak mewarisi gene orang tua biologisnya yang terlihat sebagai ciri – ciri tertentu, seperti bakat alamiah, beberapa karakter fisik, dan gangguan – gangguan genetik. Gen adalah unit pewarisan yang diturunkan. Gen terdapat di dalam inti sel tubuh maupun sel kelamin.

I. 2. Struktur dan fungsi inti sel

Nukleus berdiameter 5µm memiliki dua membran, masing-masing bilayer dan mengandung pori. Di dalam nukleus mengandung kromatin, nukleolus, dan protein lamina. Pada sel eukariotik, nukleus mengandung sebagian besar gen sebagian kecil ada di mitokondria dan kloroplas. Benang-benang pembawa sifat keturunan, protein dan asam nukleat, yang keduanya dapat bersenyawa membentuk nukleoprotein. Asam Nukleat terdiri dari dua macam yaitu asam deoksiribonukleat (DNA) dan asam ribonukleat (RNA).

I. 3. Sifat pewarisan

Gena pada manusia memiliki sifat dan asal yang berbeda. Berikut penjelasannya.

Macam-macam gen

Gen dapat dikelompokkan dalam berbagai golongan berdasarkan beberapa ketentuan yaitu sebagai berikut.

1. Menurut jumlahnya: terdapat gen tunggal, gen alelganda, poligena
2. Menurut letak gen di organela seluler yaitu :
Di nucleus: Sex kromosomal dan autosomal (kedua ini merupakan pola pewarisan)
Di mitokondria : pola pewarisan matrilineal inheritance
3. Menurut sifat ekspresinya : gen dominan dan gen resesif

Sifat dan fungsi gen

Gena memiliki bermacam-macam sifat karakteristik tertentu. Sifat gena diantaranya adalah:

- a Mengandung informasi genetik.
- b Tiap gen mempunyai tugas dan fungsi berbeda.
- c Pada waktu pembelahan mitosis dan meiosis dapat mengadakan duplikasi.

- d Ditetapkan oleh susunan kombinasi basa nitrogen (Adenin, Guanin, Timin, Cytosin, Urasil).
- e Sebagai zarah yang terdapat dalam kromosom.
Fungsi gen adalah sebagai berikut:
 - a Menyampaikan informasi kepada generasi berikutnya.
 - b Sebagai penentu sifat yang diturunkan.
 - c Mengatur perkembangan dan metabolisme.

I. 4. Kromosom

Kromosom adalah badan berwarna yang dapat terlihat dg mikroskop cahaya (menyerap warna). Kromosom manusia berjumlah 46 (22 pasang kromosom autosomal dan 1 pasang kromosom seks XX atau XY) pada sel tubuh. Pada saat sel mengalami metafase kromosom sangat terlihat memendek dan memadat, sedangkan pada saat interfase kromosom berwujud sebagai *kromatin*. Sedangkan ketika kromosom mengganda masing-masing benang kromosom disebut dengan *kromatid (sister kromatid)*.

Terdapat beberapa kelainan kromosom yang terjadi yang terespresi sebagai kelainan klinik. Analisis kromosom perlu dilakukan seperti pada keadaan berikut:

1. Hambatan pertumbuhan, perkembangan awal, malformasi ganda, hambatan tinggi tubuh, genitalia meragukan, dan retardasi mental.
2. Kematian saat lahir atau neonatus. Masalah kesuburan/fertilitas.
3. Riwayat keluarga dengan abnormalitas kromosom.
4. Neoplasia sel kanker dengan kelainan kromosom.
5. Wanita hamil pada usia lanjut.
6. Adanya peningkatan resiko kelainan kromosom pada fetus.

I. 5. Istilah dan symbol dalam genetika

Dalam genetika dipakai beberapa istilah yang dianggap umum yaitu:

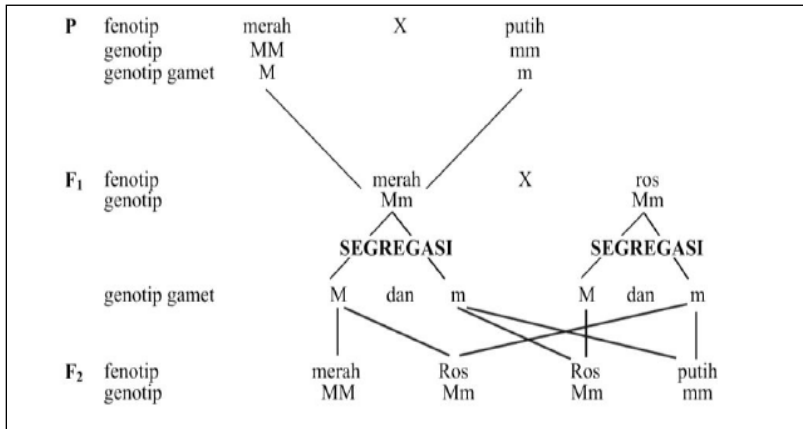
- a Gen dominan, yaitu gen yang menutupi ekspresi gen lain, sehingga sifat yang dibawanya terekspresikan pada turunannya (suatu individu) dan biasanya dinyatakan dalam huruf besar, misalnya A, B.
- b Gen resesif, yaitu gen yang terkalahkan (tertutupi) oleh gen lain (gen dominan) sehingga sifat yang dibawanya tidak terekspresikan pada keturunannya. Gen resesif dinyatakan dalam huruf kecil misalnya a,a.
- c Gen heterozigot, yaitu dua genotipe yang tersusun atas gen yang tidak sama (dominan dan resesif) misalnya AaBB, aabb, AaBB.
- d Kromosom homolog, yaitu kromosom yang berasal dari induk betina berbentuk serupa dengan kromosom yang berasal dari induk jantan.
- e Fenotipe, yaitu sifat-sifat keturunan pada F1, F2 dan F3 yang dapat dilihat seperti tinggi, rendah, warna dan bentuk.
- f Genotipe, yaitu sifat-sifat keturunan yang tidak dapat dilihat, misalnya AA, Aa, dan aa.
- g Alel, yaitu pasangan gen yg membentuk sifat beda. Gen terletak pada lokus yang sama.
- h Monohybrid, yaitu perkawinan dengan memperhatikan satu sifat beda.
- i Dihibrid, yaitu perkawinan dengan memperhatikan dua sifat beda.

I. 6. Dasar kromosomal pewarisan

Gregor Mendel (1853) penemu hukum pewarisan. Mendel melakukan sejumlah penelitian yang melahirkan sejumlah hukum dasar pewarisan.

1. Hukum Mendel I: *The Law of Segregation of Allelic Genes* (Hukum Pemisahan Gen se-Alel): menjelaskan bahwa pada saat pembentukan gamet, maka gen- gen akan mengadakan segregasi

(memisah) dimana satu gamet hanya dapat satu macam sifat gen. Contoh: perkawinan monohybrid.



Gambar 1. 1. Perkawinan monohybrid (Suryo, 2016)

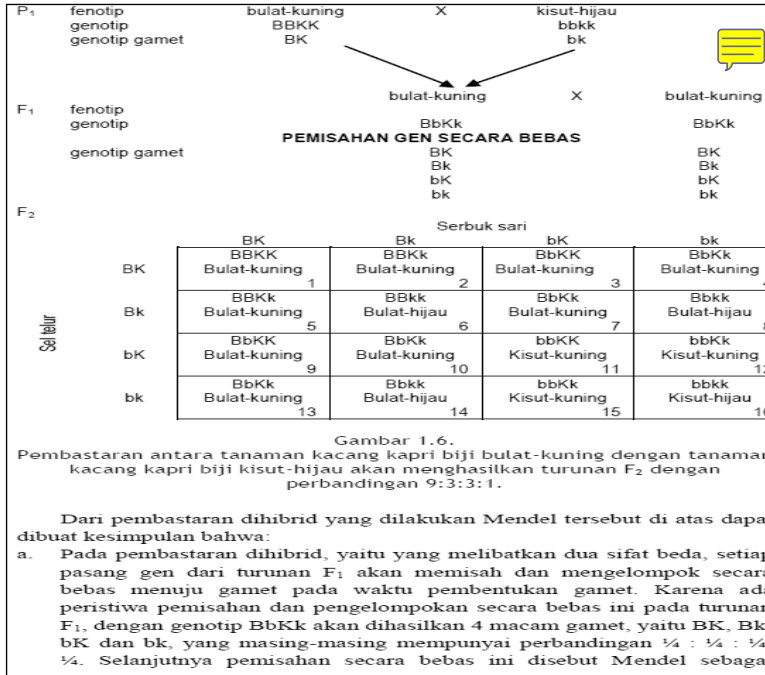
Keterangan:

P : parental

F1 : keturunan ke-1

F2 : keturunan ke-2

- Hukum Mendel II: *The Law of Independent Assortment of Genes* (hukum pengelompokan gen secara bebas): anggota dari pasangan gen memisah secara bebas (tidak saling mempengaruhi) ketika meiosis selama pembentukan gamet. Contoh: perkawinan dihibrid.



Gambar 1. 2. Model perkawinan kacang bulat kuning dengan kacang kisut hijau menghasilkan keturunan 2 dengan perbandingan 9:3:3:1 (bulat kuning: kisut kuning: bulat hijau: kisut hijau) (Suryo, 2016).

Keterangan:

P : parental

F1 : keturunan ke - 1

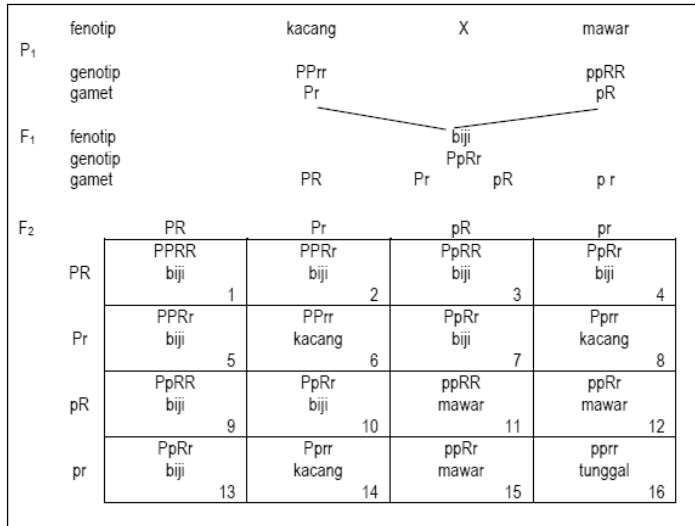
F2 : keturunan ke - 2

I. 7. Penyimpangan hukum Mendel

Terdapat beberapa pewarisan yang menyimpang dari ketentuan Mendel 1 dan Mendel 2 diantaranya adalah interaksi alel, interaksi gen, tautan, pindah silang, polimeri.

1. Interaksi alel

Interaksi antar gen terjadi jika dua gen mempengaruhi satu sifat, kriptomeri (tersembunyi), epistasis (gen menutupi) dan hypostasis (gen yang ditutup). Dua gen mempengaruhi satu sifat.



Gambar 1. 3. Model perkawinan genotip heterogen ayam berjambul kacang dengan ayam berjambul mawar menghasilkan keturunan kedua dengan perbandingan ayam berjambul biji: kacang: mawar: tunggal adalah 9: 3:3:1 (Suryo, 2016).

Keterangan:

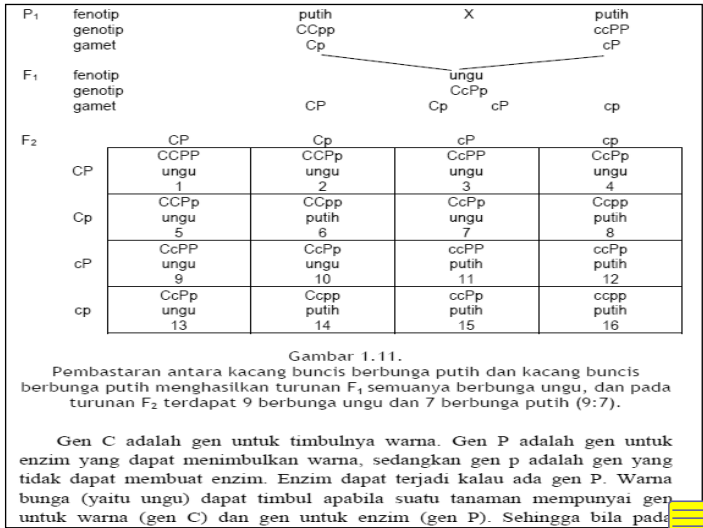
P : parental

F₁ : keturunan ke - 1

F₂ : keturunan ke - 2

2. Kriptometri

Model pewarisan yang tertutupi terjadi pada genotip heterogen misalnya sebagai berikut:



Gambar I. 4. Model perkawinan antar kacang buncis putih dengan kacang buncis putih (genotip heterogen) akan menghasilkan keturunan dengan perbandingan ungu: putih sebesar : 9:7.

Keterangan:

P : parental

F1 : keturunan ke - 1

F2 : keturunan ke - 2

3. Anak kembar

Kembar identik dari satu telur yang dibuahi dan membelah secara mitosis sehingga material genetika dan jumlah kromosom sama persis (46) (kembar identik). Kembar fraternal pembuahan pada lebih dari satu sel telur, pembelahan biasa seperti kakak adik.

4. Alel ganda

Fenomena adanya 3 atau lebih alel dari suatu gen, akibat mutasi DNA sehingga diturunkan. Contoh pada pewarisan golongan darah.

Genotip	Fenotip
I ^A I ^A	Tipe A

Genotip	Fenotip
$I^A i$	Tipe A
$I^B I^B$	Tipe B
$I^B i$	Tipe B
$I^A I^B$	Tipe AB
ii	Tipe O

5. Alel lethal resesif

Alel dalam keadaan homozigot resesif dapat menyebabkan kematian. Namun dalam kondisi heterozigot nampak biasa tidak ada kelainan. Contoh Ichtyosis congenital (Kulit kering bertanduk, permukaan tubuh terdapat pendar – pendar berdarah).

6. Alel lethal dominan

Jika ada ekspresi gen dominan akan menyebabkan kematian. Contoh: Brakhifalangi (orang berjari-jari pendek disebabkan karena tulang jari – jari pendek dan menjadi satu). Cacat ini disebabkan oleh gen dominan B, jika penderita heterozygote (Bb) menunjukkan fenotip normal.

7. Tautan/linked

Tautan pada kromosom tubuh (autosomal linked), contoh kasusnya adalah polidaktili, kemampuan mengecap phenylthiocarbamide, thalassemia, dentinogenesis imperfecta, retinal aplasia, katarak, lekuk pipit, lekuk didagu, tumbuhnya rambut, kemampuan membengkokkan ibu jari dengan sudut yg tajam, daun telinga, warna rambut.

Terdapat 2 autosomal linked yaitu:

Autosomal linked resesif: warna mata (biru), albino, imbisil (ditandai dengan gangguan mental dan gangguan metabolisme asam amino fenilalanin), cystic fibrosis.

Autosomal dominan: Huntington disease.

8. Pewarisan mitokondrial
Terkait dengan DNA mitokondrial yang diwariskan. Pria tidak menurunkan mitokondrial DNA. Contoh: Leber's hereditary optic neuropathy (LHON).
9. Tautan / linked
Tautan pada kromosom kelamin (*sex linked*), gen terdapat pada kromosom x (gen dominan krom X):
 - a Buta warna (*color blind*)
Tidak dapat membedakan warna merah dan biru, pada gen X dominan X^C (normal), gen resesif X^c (terjadi butawarna).
 - b Anodontia
Tidak mengalami pertumbuhan gigi, gen X dominan X^A (normal) gen X resesif X^a (mengalami anodontia).
 - c Hemofilia
Kejadian darah sukar membeku saat mengalami luka (trombokinase), pada gen dominan X^H (normal), gen resesif X^h (mengalami hemophilia).
 - d Gigi coklat
Gigi coklat (brown teeth)
 X^B = gen untuk gigi coklat
 X^b = gen untuk gigi normal
Tautan pada kromosom kelamin (*sex linked*), gen terdapat pada kromosom y (gen dominan krom Y):
Hypertrichosis (rambut di daun telinga)
 Y^H = gen untuk normal
 Y^h = gen untuk hipertrichosis
Tidak ada perempuan hipertrichosis
10. Sex limited gen
Gen yang pengaruhnya terbatas pada jenis kelamin, contoh: tanda kelamin sekunder pada pria dan wanita

I. 8. Kelainan jumlah kromosom

Kromosom dapat mengalami kelainan jumlah akibat gangguan tertentu pada mitosis dalam zygote misalnya akibat nondisjunction. Contohnya adalah sebagai berikut:

1. Monosomi ($2n - 1$) baik autosomal maupun gonosom.
(syndrome turner, lebih dari 50 % dengan genotip 45, X; kurang dari 30 % dengan genotip 46, XX, del (X) (q21-q27); kurang dari 20% mosaik Turner's dengan genotype 46, XX/45, X).
2. Trisomi ($2n + 1$) baik autosomal maupun gonosom.
 - a Trisomi 21 (Syndrome down).
Jumlah koromosom pada syndrome down 47 dengan 80% perkembangan fisik dan mental terganggu, ditemukan berbagai kelainan fisik biasanya bertahan sampai usia 30-40 tahun.
 - b Trisomi 18 (Edwards syndrome).
Satu dari 3000 dengan ciri-ciri: kepala kecil, telinga terletak lebih rendah, celah bibir/celah langit-langit, tidak memiliki ibu jari tangan, clubfeet, diantara jari tangan terdapat selaput, kelainan jantung & kelainan saluran kemih-kelamin jarang bertahan sampai lebih dari beberapa bulan, keterbelakangan mental yg terjadi sangat berat
 - c Trisomi 13 (Patau syndrome)
Satu dari 5000), kelainan otak & mata yg berat, celah bibir/ celah langit-langit, kelainan jantung, kelainan saluran kemih-kelamin & kelainan bentuk telinga yg bertahan hidup sampai lebih dari 1 tahun, kurang dari 20%, keterbelakangan mental yg terjadi sangat berat
 - d Syndrome klinefelter
(46, XY; 47, XXY) laki – laki, kemungkinan kejadian 1 dalam 850 kejadian kelainan laki-laki. Ciri – ciri: azoospermia, atrofi testis, postur tubuh eunochoid, panjang telapak kaki hingga pubis bertambah, distribusi rambut seperti wanita, ginekomastia (

pembesaran kelenjar payudara).

- e Laki – laki dengan Y ganda (46 XYY), kemungkinan kejadian 1 dari 1000 kelahiran laki – laki, fenotip normal, kebanyakan tinggi badan lebih dari 180 cm, bertingkah laku agresif.

3. Mozaik

Kejadiannya lebih dari 1 populasi sel, sebagian sel normal, sebagian lainnya berubah. Terjadi karena kesalahan mitosis dalam xygote. Kemungkinan kejadian 1 dari 1000 populasi kelainan terjadi pada laki- laki. Contoh Mozaik Turnur: 45 X; 46, XX, profil wajah mendatar, pelpebra miring, lekukan epikantik, retardasi mental, resiko leukemia akut.

I. 9. Kelainan struktur kromosom

Struktur kromosom dapat mengalami kerusakan akibat translokasi, iso kromosom, delesi dan inversi. Contoh delesi: hilangnya material kromosom dari satu utas kromosom tunggal.

1. Sindrom Cry du Cat: kromosom nomor 5 mengalami delesi pada lengan pendeknya (5p -).
2. Wolf-Hirschhorn Syndrome: terjadi karena delesi pada bagian lengan pendek (p) kromosom no. 4. Kelainan ini sangat jarang terjadi. Penderita mengalami mikrocephali, sumbing, kemunduran mental, cacat pada kulit kepala, hemangioma pada beberapa bagian tubuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Suryo, 2016. *Genetika manusia*, Gama press, cetakan ke 2. Yogyakarta.
- Bruce R Korf , 2004. Basic genetics. *Primeray Care: Clicic in Office Practice*. 31 (2004) 461–478
- Kannan TP & Zilfalil bin alwi, 2009. Cytogenetics: past, present and future. Review article – cytogenetics. *review article malaysian journal of medical sciences*. Vol. 16, No. 2.

Latihan soal.

1. Apa yang dimaksud dengan gen resesif?
 - A. Gen yang akan tetap muncul dalam fenotip meski genotip heterozigot
 - B. Gen yang menunjukkan fenotip berbeda jika genotip heterozigot
 - C. Gen yang baru muncul dalam fenotip jika berinteraksi dengan gen yang lain
 - D. Gen yang akan menyebabkan individu lethal jika genotip homozigot
 - E. Gen yang baru akan muncul dalam fenotip jika genotip homozigot

2. Berdasarkan bentuknya, kromosom X memiliki sentromer terletak di dekat pertengahan kromosom. Kromosom seperti itu digolongkan bertipe apa?
 - A. Kromosom cincin
 - B. Metasentris
 - C. Akrosentris
 - D. Telosentris
 - E. Submetasentris

3. Manakah pernyataan berikut ini yang benar mengenai genotip dan fenotip?
 - A. Fenotip mutlak ditentukan oleh genotip
 - B. Genotip dapat berubah oleh pengaruh lingkungan
 - C. Fenotip bersifat permanen tidak dipengaruhi oleh pengaruh lingkungan
 - D. Fenotip dapat mempengaruhi genotip
 - E. Genotip bersifat permanen dan tidak berubah oleh pengaruh lingkungan

4. Sifat herediter apakah yang ditentukan oleh alel ganda?
 - A. Pigmentasi kulit
 - B. Tinggi tubuh
 - C. Warna rambut
 - D. Lesung pipi
 - E. Golongan darah ABO

5. Selama pembentukan gamet, gen-gen yang berpasangan akan memisah secara bebas (tidak saling mempengaruhi). Hal ini sesuai dengan hukum apakah?
 - A. Hukum Hardy-Weinberg
 - B. Hukum Mendel I
 - C. Hukum Darwin
 - D. Hukum Waldeyer
 - E. Golongan darah ABO

6. Disebut apakah benang-benang berisi bahan genetik yang terbentuk pada saat kromosom menggandakan diri?
 - A. Sentromer
 - B. Kromatin
 - C. Kromonema
 - D. Karyotipe
 - E. Kromatid

7. Disebut apakah pasangan gen yang terdapat pada lokus kromosom homolog?
 - A. Alel
 - B. Fenotip
 - C. Fenokopi
 - D. Alel ganda
 - E. Genotip

8. Berapakah jumlah kromosom autosomal di dalam sel tubuh manusia?
- A. 23
 - B. 22
 - C. 46
 - D. 43
 - E. 44
9. Bagaimanakah peluang suatu kelainan genetik yang dibawa oleh gen resesif autosomal akan muncul pada keturunan laki-laki dan perempuan?
- A. Peluang pada keturunan laki-laki lebih besar daripada keturunan perempuan
 - B. Peluang pada keturunan laki-laki lebih kecil daripada keturunan perempuan
 - C. Tidak dapat ditentukan sebelumnya karena mungkin terjadi keadaan non penetran
 - D. Tidak dapat ditentukan karena terkadang terjadi perbedaan ekspresi gen antara laki-laki dan perempuan
 - E. Peluang pada keturunan laki-laki dan perempuan adalah sama
10. Bagaimanakah sifat gen pembawa sifat herediter polidaktili?
- A. Resesif terkait kromosom X
 - B. Resesif autosomal
 - C. Dominan terkait kromosom X
 - D. Kodominan
 - E. Dominan autosomal

BAB II

Gizi dalam Keperawatan I

Oleh: dr. Ika Setyawati, M. Sc

Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa mampu menjelaskan proses anabolisme dan katabolisme
2. Mahasiswa mampu menjelaskan proses metabolisme karbohidrat
3. Mahasiswa mampu menjelaskan proses metabolisme lipid
4. Mahasiswa mampu menjelaskan proses metabolisme protein
5. Mahasiswa mampu menjelaskan proses metabolisme purin pirimidin

II. 1 Anabolisme dan katabolisme

Metabolisme merupakan interaksi kimia dalam tubuh yang melibatkan enzim dan koenzim. Interaksi kimia tersebut saling berhubungan dan saling mempengaruhi serta berjalan secara seimbang yang dikenal dengan lintasan metabolisme.

Lintasan metabolisme digolongkan menjadi tiga kategori:

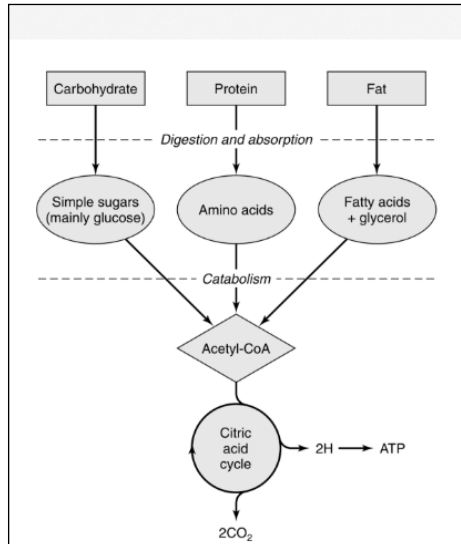
1. Lintasan anabolik (pembentukan)
Lintasan pada sintesis senyawa pembentuk struktur dan mesin tubuh. Contoh: sintesis protein, sintesis karbohidrat, sintesis lipid, sintesis asam nukleat. Proses ini memerlukan energi. Energi berupa fosfat berenergi tinggi.
2. Lintasan katabolik (pemecahan)
Lintasan ini meliputi berbagai proses oksidasi yang melepaskan energi bebas, biasanya dalam bentuk fosfat energi-tinggi atau

unsur ekuivalen pereduksi, seperti rantai respirasi dan fosforilasi oksidatif. Proses ini melepas energi bebas dalam bentuk ekuivalen pereduksi (2H) atau fosfat berenergi tinggi.

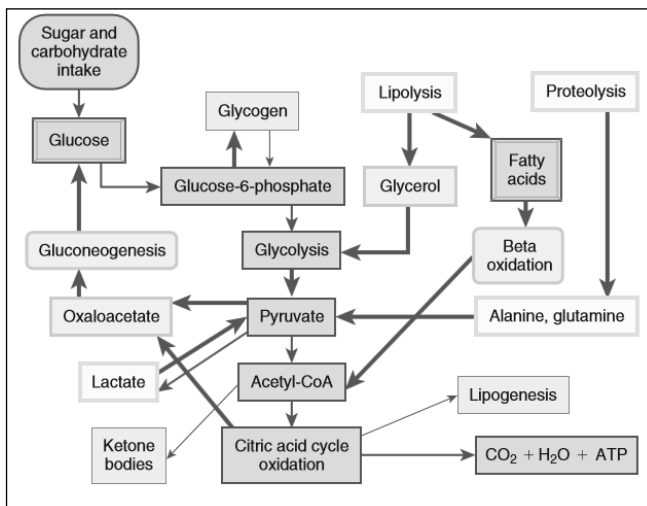
3. Lintasan amfibolik (persimpangan)

Lintasan ini memiliki lebih dari satu fungsi dan terdapat pada "persimpangan" metabolisme sehingga bekerja sebagai penghubung antara lintasan anabolik dengan lintasan katabolik. Contoh: siklus asam sitrat (Siklus Krebs).

Sifat makanan menentukan pola dasar metabolisme jaringan tubuh manusia. Molekul makanan akan mengalami lintasan amfibolik apabila molekul makanan tersebut tercerna menjadi molekul sederhana kemudian di absorpsi. Molekul sederhana hasil pencernaan karbohidrat adalah gula sederhana (terutama glukosa), hasil pencernaan protein berupa asam amino dan hasil pencernaan lemak adalah asam lemak dan gliserol. Molekul-molekul sederhana tersebut akan mengalami katabolisme sehingga menghasilkan asetil-KoA, selanjutnya akan dioksidasi dalam siklus asam sitrat, sampai akhirnya menghasilkan Adenosin Tri Phospat (ATP) dalam proses fosforilasi oksidatif.



Gambar 2. 1. Skema jalur katabolisme karbohidrat, protein, lipid. Semua jalur memproduksi asetil-KoA dan akan dioksidasi pada siklus asam sitrat (Murray, Bender & Botham *et al.*, 2009)



Gambar 2. 2. Proses interaksi metabolisme karbohidrat, lipid dan protein (Weissman, 2014)

II. 2. Metabolisme karbohidrat

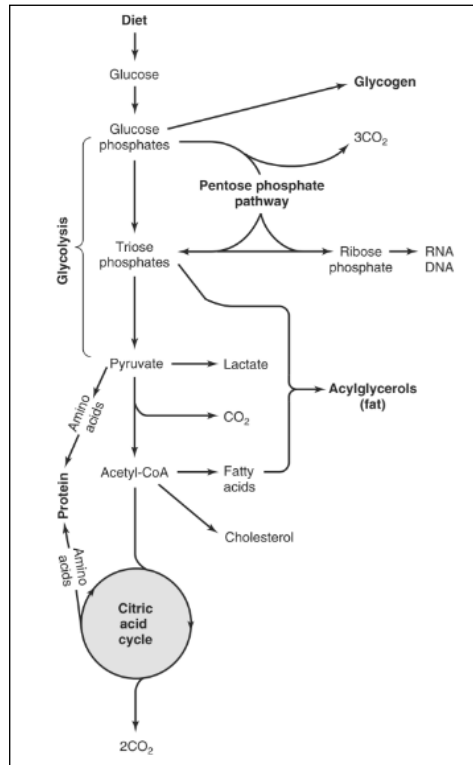
Karbohidrat adalah senyawa-senyawa aldehida atau keton dengan banyak gugus hidroksil. Karbohidrat berperan sebagai sumber energi, bahan bakar, dan zat antara metabolisme. Bentuk karbohidrat yaitu monosakarida (misal: glukosa), disakarida (sukrosa, maltosa, laktosa), oligosakarida dan polisakarida (amilosa, dekstran).

Jalur metabolisme karbohidrat yaitu glikolisis, oksidasi piruvat, siklus asam sitrat, glikogenesis, glikogenolisis serta glukoneogenesis.

Jalur-jalur metabolisme karbohidrat secara ringkas dijelaskan sebagai berikut:

1. Glukosa sebagai bahan bakar utama metabolisme akan mengalami glikolisis aerob menjadi 2 piruvat dan dihasilkan energi berupa ATP.
2. Masing-masing piruvat dioksidasi menjadi asetil-KoA. Dalam tahap ini dihasilkan energi berupa ATP.
3. Asetil-KoA akan masuk ke jalur persimpangan yaitu siklus asam sitrat. Dalam tahap ini dihasilkan energi berupa ATP.
4. Jika sumber glukosa berlebihan/melebihi kebutuhan energi kita maka glukosa tidak dipecah, melainkan akan dirangkai menjadi polimer glukosa (disebut glikogen). Glikogen ini disimpan di hati dan otot sebagai cadangan energi jangka pendek. Jika kapasitas penyimpanan glikogen sudah penuh, maka karbohidrat harus dikonversi menjadi jaringan lipid sebagai cadangan energi jangka panjang.
5. Jika terjadi kekurangan glukosa dari diet sebagai sumber energi, maka glikogen dipecah menjadi glukosa. Selanjutnya glukosa mengalami glikolisis, diikuti dengan oksidasi piruvat sampai dengan siklus asam sitrat.
6. Jika glukosa dari diet tak tersedia dan cadangan glikogenpun juga habis, maka sumber energi non karbohidrat yaitu lipid dan protein harus digunakan. Jalur ini dinamakan glukoneogenesis (pembentukan glukosa baru dari prekursor selain karbohidrat)

karena dianggap lipid dan protein harus diubah menjadi glukosa baru yang selanjutnya mengalami katabolisme untuk memperoleh energi.



Gambar 2. 3. Metabolisme karbohidrat (Murray, Bender & Botham *et al.*, 2009)

II. 3. Metabolisme lipid

Lipid yang kita peroleh sebagai sumber energi utamanya adalah dari lipid netral, yaitu trigliserid (ester antara gliserol dengan 3 asam lemak). Hasil pencernaan lipid adalah asam lemak dan gliserol, selain itu ada juga yang masih berupa monogliserid.

Sebagian besar asam lemak dan monogliserida tidak larut dalam air, maka diangkut oleh miselus (dalam bentuk besar disebut emulsi)

dan dilepaskan ke dalam sel epitel usus (enterosit). Di dalam sel ini asam lemak dan monogliserida segera dibentuk menjadi trigliserida (lipid) dan berkumpul berbentuk gelembung yang disebut kilomikron. Selanjutnya kilomikron ditransportasikan melalui pembuluh limfe dan bermuara pada vena kava, sehingga bersatu dengan sirkulasi darah. Kilomikron ini kemudian ditransportasikan menuju hati dan jaringan adiposa.

Kilomikron di dalam sel-sel hati dan jaringan adiposa segera dipecah menjadi asam-asam lemak dan gliserol. Asam-asam lemak dan gliserol selanjutnya dibentuk kembali menjadi simpanan trigliserida (esterifikasi). Apabila sewaktu-waktu kita membutuhkan energi dari lipid maka trigliserida dipecah menjadi asam lemak dan gliserol, untuk ditransportasikan menuju sel-sel untuk dioksidasi menjadi energi. Proses pemecahan lemak jaringan ini dinamakan lipolisis. Asam lemak tersebut ditransportasikan oleh albumin ke jaringan yang memerlukan dan disebut sebagai asam lemak bebas (*free fatty acid/FFA*).

Hasil akhir pemecahan lipid dari makanan adalah asam lemak dan gliserol. Jika sumber energi dari karbohidrat telah mencukupi, maka asam lemak mengalami esterifikasi yaitu membentuk ester dan gliserol menjadi trigliserida sebagai cadangan energi jangka panjang. Jika sewaktu-waktu tak tersedia sumber energi dari karbohidrat maka asam lemak akan dioksidasi, baik asam lemak dari makanan maupun jika harus memecah cadangan trigliserida jaringan. Proses pemecahan trigliserida ini dinamakan lipolisis.

Proses oksidasi asam lemak dinamakan β -oksidasi yang menghasilkan asetil-KoA. Asetil KoA akan masuk ke dalam siklus asam sitrat sehingga dihasilkan energi. Di sisi lain, jika kebutuhan energi sudah mencukupi, asetil KoA dapat mengalami lipogenesis menjadi asam lemak dan selanjutnya dapat disimpan sebagai trigliserida.

Beberapa lipid non gliserida disintesis dari asetil KoA. Asetil KoA mengalami kolesterologenesis menjadi kolesterol. Selanjutnya

kolesterol mengalami steroidogenesis membentuk steroid. Asetil KoA sebagai hasil oksidasi asam lemak juga berpotensi menghasilkan badan-badan keton (asetoasetat, hidroksi butirat dan aseton). Proses ini dinamakan ketogenesis. Badan-badan keton dapat menyebabkan gangguan keseimbangan asam-basa yang dinamakan asidosis metabolik. Keadaan ini dapat menyebabkan kematian.

Pengangkutan dan Penyimpanan Lipid

Lemak yang diserap dari makanan dan lipid yang disintesis oleh hati dan jaringan adiposa harus diangkut ke berbagai jaringan dan organ tubuh untuk digunakan dan di simpan. Lipid bersifat taklarut dalam air sehingga memerlukan lipoprotein sebagai pengangkut.

Lipoprotein merupakan senyawa yang terdiri dari ikatan senyawa lipid nonpolar (triasilgliserol dan ester kolesterol) dengan lipid amfipatik (fosfolipid dan kolesterol) dan protein. Lipoprotein plasma yang sudah teridentifikasi ada empat yaitu kilomikron, *very low density lipoprotein* (VLDL), *low density lipoprotein* (LDL) dan *high density lipoprotein* (HDL).

Triasilgliserol diangkut dari usus dalam bentuk kilomikron. Kilomikron bertanggungjawab untuk pengangkutan semua lipid dari makanan ke dalam sirkulasi darah. VLDL merupakan alat pengangkut triasilgliserol dari hati ke jaringan diluar hati (ekstrahepatik). LDL mengangkut kolesterol dari hati ke jaringan. HDL mengangkut kolesterol dari jaringan menuju hati.

II. 4. Metabolisme protein

Protein merupakan salah satu bio-makromolekul penting perannya dalam makhluk hidup diantaranya; sebagai bahan struktural dan sebagai mesin yang bekerja pada tingkat molekular.

Protein didalam tubuh akan di cerna menjadi asam amino. Asam amino ada dua macam berdasarkan kepentingannya yaitu asam amino esensial dan asam amino nonesensial. Asam amino esensial

tidak dapat disintesis oleh tubuh/ harus ada pasokan dari makanan. Asam amino nonesensial dapat disintesis oleh tubuh.

Asam amino esensial yaitu: arginin, histidin, isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan dan valin. Asam amino nonesensial yaitu: alanin, asparagin, aspartat, sistein, glutamate, glutamin, glisin, hidroksiprolin, hidroksilisin, profil, serin, dan tirosin.

Biosintesis Asam Amino Nonesensial

1. Glutamat: reaksi aminase reduktif α -ketoglutarate dikatalisis oleh enzim glutamate dehydrogenase dibantu NAD(P)H dan NH_4^+ menghasilkan glutamat + H_2O + NAD(P)^+ . Reaksi ini merupakan tahap pertama yang menjadi kunci biosintesis asam amino lainnya.
2. Glutamin: berasal dari glutamate dikatalisis enzim glutamin sintetase, dibantu Mg-ATP dan NH_4^+ menghasilkan glutamin + $\text{ADP} + \text{P}_i$.
3. Alanin: berasal dari transaminasi piruvat + glutamat, dikatalisis enzim transaminase menjadi alanin dan α -ketoglutarat.
4. Aspartat: berasal dari transaminasi oksaloasetat + glutamat, dikatalisis enzim transaminase diubah menjadi aspartat dan α -ketoglutarat.
5. Asparagin: berasal dari aspartate dikatalisis enzim asparagin sintetase, dibantu Mg-ATP menghasilkan asparagin dan AMP + pirofosfat (PP_i).
6. Serin: berasal dari defosforilasi D3PG (D-3-fosfoglisarat), melalui 2 jalur:
 - (1) D3PG (+ enzim fosfatase) \rightarrow D-gliserat oksidasi (+NAD) \rightarrow asam ketopiruvat (+transaminase) \rightarrow serin.
 - (2) D3PG (oksidasi) \rightarrow 3fosfohidroksipiruvat (transaminase) \rightarrow fosfo-L-serin \rightarrow serin.
7. Glisin: berasal dari kolin dan serin.
 - (1) Kolin (+ enzim kolin oksidase) \rightarrow betain aldehid (+

- enzim betain aldehid dehidrogenase) → betain (+ enzim transmetilase) → dimetilglisin (+enzim dimetilglisin oksidase) sarkosin (+sarkosin oksidase) → Glisin (penyusun kolagen).
- (2) Serin (+ FH4) → glisin + metilen FH4
8. Prolin: berasal dari glutamat, dibantu interkonversi NAD dan NADH menghasilkan prolin.
9. Sistein: berasal dari metionin dan serin.
- (1) Metionin + ATP → s-adenosilmetionin dan s-adenosil-homosistein (+H₂O) → sistein
- (2) L-homosistein (+serin) → sistationin (+H₂O) → L-sistein + L-Homoserin
10. Tirosin: berasal dari fenilalanin, dikatalisis enzim fenilalanin hidrosilase, ada perubahan tetrahidrobiopterin menjadi dihidrobiopterin.
11. Hidroksiprolin: berasal dari prolin, dikatalisis enzim prolil hidrosilase, dibantu O₂, askorbat dan Fe menghasilkan hidroksiprolin (penyusun kolagen).
12. Hidroksilisin: berasal dari lisin, dikatalisis enzim lisil hidrosilase, dibantu O₂, askorbat dan Fe menghasilkan hidroksilisin (penyusun kolagen).
13. Selenosistein
- Arginin dan histidin merupakan asam amino semiesensial. Arginin berasal dari pemecahan argininosuksinat menjadi fumarat dan arginin, dikatalisis enzim argininosuksinase (siklus urea). Histidin disintesis oleh bakteri di colon, dan disintesis di hepar.

Katabolisme Asam Amino

Proses katabolisme asam amino meliputi; transaminasi, deaminasi oksidatif, pengangkutan ammonia dan siklus urea.

(1) Transaminasi

Transaminasi yaitu pemindahan gugus amino (NH₂) dari asam amino alfa (donor NH₂) ke asam keto alfa (reseptor NH₂) shg

terbentuk asam amino alfa yg baru dan asam keto alfa yg baru.

Misal :

Piruvat → alanin

Alfa ketoglutarat → glutamat

Reaksi transaminasi dikatalis oleh enzim transaminase (aminotransferase)

(2) Deaminasi oksidatif

Degradasi asam amino berlanjut dengan pelepasan gugus amino → diekskresi. Di dalam mitokondria → reaksi deaminasi oksidatif dikatalisis oleh *L-glutamate dehydrogenase* (enzim terdapat dalam matrik mitokondria).

(3) Pengangkutan ammonia

Amonia yang terlepas diangkut ke hepar. Di hepar terjadi perubahan amonia (toksik) menjadi urea yang disebut dengan siklus urea. Siklus urea terjadi sebagian di mitokondria dan sebagian di sitosol hepar.

(4) Siklus urea

Ureum merupakan produk akhir katabolisme nitrogen. Ureum dibentuk dari ammonia, karbondioksida dan aspartate. Pemecahan arginin dgn enzim *arginase* → urea & ornitin.

II. 5. Metabolisme purin pirimidin

Purin dan pirimidin merupakan unsur nonesensial yang diperoleh dari penguraian asam nukleat yang dikonsumsi dari makanan. Selain itu, sintesis purin dan pirimidin bisa secara *de novo* (yaitu intermediet amfibolik).

Asam nukleat dan nukleoprotein di saluran pencernaan akan di urai menjadi mononukleotida oleh enzim ribonuklease, deoksiribonuklease, dan polinukleotidase. Enzim nukleotidase dan fosfatase menghidrolisis mononukleotida menjadi nukleosida. Nukleosida bisa diabsorpsi atau di urai menjadi basa purin dan pirimidin oleh enzim fosforilase intestinal. Basa purin akan teroksidasi

menjadi asam urat yang diserap dan di ekskresikan ke dalam urin. Contoh purin: adenin, guanin, xantin, hipoxantin. Contoh pirimidin yaitu sitosisn, timin, urasil, orotic acid.

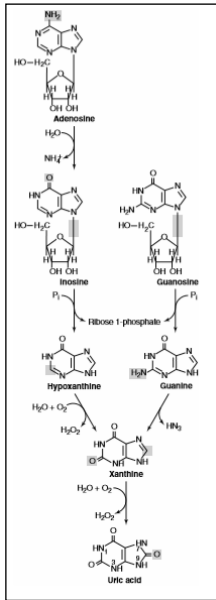
Biosintesis Nukleotida Purin

Biosintesis nukleotida purin terjadi didalam hati. Proses biosintesis purin ada tiga yaitu:

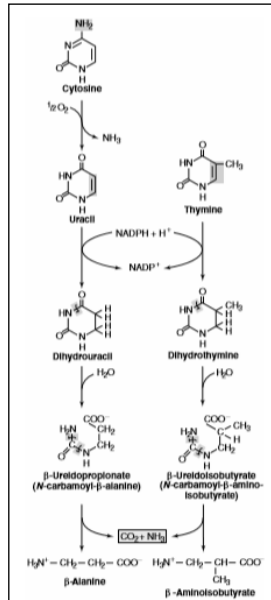
- (1) Sintesis dari intermediet amfibolik (*sintesis de novo*) dari senyawa induk biosintesis purin yaitu inosin monofosfat (IMP)
- (2) Fosforibosilasi purin
- (3) Fosforibosilasi nukleosida purin

Biosintesis Nukleotida Pirimidin

Biosintesis nukleotida pirimidin terutama melalui biosintesis dari intermediet amfibolik. Hasil akhir katabolisme purin adalah asam urat. Hasil akhir katabolisme pirimidin sangat mudah larut air yaitu CO_2 , NH_3 , β -alanin dan asam β -aminoisobutirat. Kelainan katabolisme purin diantaranya: gout, hiperurisemia, hipourisemia, *Lesch Nyhan Syndrome*, *Von Gierke's Disease*, *Adenosine Deaminase Deficiency*. Kelainan katabolisme pirimidin diantaranya: orotic aciduria.



Gambar 2. 4. Proses katabolisme purin dengan produk akhir asam urat (Murray, Bender & Botham *et al.*, 2009)



Gambar 2. 5. Proses katabolisme pirimidin (Murray, Bender, Botham & *et al.*, 2009)

DAFTAR PUSTAKA

Weissman C., 2014. *Miller's Anesthesia: Nutrition and Metabolomics*. Chapter 106, 3121-3157.e7

Murray, RK., Bender K, Botham DM, *et al.*, 2009. *Harper's Illustrated Biochemistry Twenty-Eighth Edition*, Mc Graw Hill Medicine, London

Stryer & Lubert, 2000. *Biokimia/Lubert Stryer*: alihbahasa, Mohamad Sadikin, dkk; editor edisi Bahasa Indonesia, Sjahbanar Soebianto Zahir, Evi Setiadi-Ed.4, hlm: 441-784. Jakarta: EGC

Latihan Soal.

1. Berikut ini, manakah yang merupakan pengertian dari reaksi metabolik?
 - A. Proses interaksi kimia dalam tubuh yang melibatkan koenzim
 - B. Proses interaksi kimia dalam tubuh yang melibatkan reaksi anabolisme
 - C. Proses interaksi kimia dalam tubuh yang melibatkan reaksi katabolisme
 - D. Proses interaksi kimia dalam tubuh yang melibatkan enzim
 - E. Proses interaksi kimia dalam tubuh yang melibatkan enzim dan koenzim

2. Apakah reaksi yang membutuhkan energi?
 - A. Reaksi eksergonik
 - B. Reaksi katabolisme
 - C. Reaksi oksidasi
 - D. Reaksi fosforilasi oksidatif
 - E. Reaksi endergonik

3. Dimanakah tempat terjadinya reaksi fosforilasi oksidatif?
 - A. Sitoplasma
 - B. Nukleus
 - C. Nukleolus
 - D. Retikulum endoplasma
 - E. Mitokondria

4. Disebut apakah bentuk karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis menjadi bentuk lebih sederhana?
 - A. Disakarida
 - B. Oligosakarida

- C. Polisakarida
 - D. Sukrosa
 - E. Monosakarida
5. Seorang laki-laki berusia 42 tahun datang ke poliklinik puskesmas dengan keluhan perut buncit. Keluhan disertai dengan leher cengeng dan lengan kanan kadang kesemutan. Hasil pemeriksaan fisik didapatkan: kesan umum baik, tampak gemuk, perut buncit. Berat badan 90 kg, tinggi badan 160 cm. Apakah yang menyebabkan perut buncit pada kasus tersebut?
- A. Timbunan LDL
 - B. Timbunan monogliserid
 - C. Timbunan kolesterol
 - D. Timbunan HDL
 - E. Timbunan trigliserid
6. Apakah hasil akhir dari katabolisme purin?
- A. Xantine
 - B. Hipoxantine
 - C. Guanin
 - D. Guanosin
 - E. Asam urat
7. Berikut ini, manakah pernyataan yang benar?
- A. Laktosa akan dihidrolisis menjadi sukrosa dan galaktosa
 - B. Polisakarida akan dihidrolisis menjadi dua molekul glukosa
 - C. Sukrosa akan dihidrolisis menjadi satu molekul glukosa
 - D. Amilum akan dihidrolisis menjadi galaktosa
 - E. Maltosa akan dihidrolisis menjadi dua molekul glukosa

8. Berikut ini, manakah pernyataan yang benar tentang proses pengaturan metabolisme glikogen oleh liver pada kondisi olah raga?
- A. Glikogenesis meningkat
 - B. Kadar insulin meningkat
 - C. Glikolisis menurun
 - D. Glikolisis meningkat
 - E. Glikogenolisis meningkat
9. Seorang laki-laki berusia 27 tahun bekerja sebagai tukang bangunan. Saat istirahat, laki-laki tersebut makan nasi bungkus dalam porsi banyak karena lapar setelah bekerja. Berikut ini, manakah pernyataan yang benar terkait respon biokimiawi untuk kasus tersebut?
- A. Glikolisis menurun
 - B. Glikolisis meningkat
 - C. Glikogenesis menurun
 - D. Lipolisis meningkat
 - E. Glikogenesis meningkat
10. Berikut ini lipoprotein apakah yang mengangkut trigliserid dari usus menuju liver?
- A. VLDL
 - B. HDL
 - C. LDL
 - D. IDL
 - E. Kilomikron

BAB III

Gizi dalam Keperawatan II

Oleh: Dra. Yoni Astuti, M. Kes., Ph. D

Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa mampu menjelaskan metabolisme nutrisi
2. Mahasiswa mampu menjelaskan peristiwa absorpsi
3. Mahasiswa mampu menjelaskan peran vitamin
4. Mahasiswa mampu menjelaskan peran mineral

III. 1. Overview metabolisme nutrisi

Pencernaan makanan diawali di rongga mulut dengan melibatkan enzim salivaris, di bagian ini yang mengalami pencernaan hanya senyawa karbohidrat oleh enzim amylase salivaris. Lama makanan berada di rongga mulut sangat pendek, sehingga pencernaan oleh amylase salivaris tidak optimum. Selanjutnya makanan ditelan masuk ke dalam rongga lambung, di sini enzim amylase tidak bekerja. Sel epidermis parietal plika lambung mensekresi Cl^- dan H^+ menyebabkan suasana lambung menjadi asam, yang akan mengaktifkan enzim pencernaan protein. Di lambung terjadi pencernaan protein makanan dan sedikit lemak makanan. Bubur makanan dari lambung akan mengalir perlahan ke intestinum bagian duodenum untuk selanjutnya dinetralkan oleh sekret dari pancreas yang berisi juga sejumlah enzim untuk melanjutkan pencernaan karbohidrat, protein, dan lemak sehingga dihasilkan unit penyusun karbohidrat misalnya monosakarida, disakarida. Unit hasil pencernaan protein adalah asam – asam amino dan unit penyusun lemak oleh enzim lipase

akan dipecah menjadi asam – asam lemak dan gliserol. Pada kuliah ini akan membahas mekanisme adaptasi sesaat setelah unit nutrient diabsorpsi, kemudian adaptasi metabolisme postabsorpsi (saat dipakai aktifitas dan kelaparan). Di samping itu akan di sampaikan juga bagaimana adaptasi metabolisme saat terjadi kelaparan. Adaptasi metabolisme nutrient ini melibatkan organ hepar, ginjal, otot skelet dan jaringan adiposa serta peran hormone terutama insulin, glucagon dan epinefrin. Disamping pentingnya mengetahui adaptasi metabolisme saat makan dan saat beraktifitas dan kelaparan, juga penting untuk mengetahui peran dari vitamin dan mineral dalam tubuh.

III. 2. Absorpsi

1. Absorpsi nutrient sampai kenyang

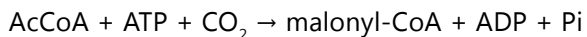
Absorpsi monosakarida terutama glukosa dengan cara transport aktif membutuhkan bantuan pompa $\text{Na}^+ - \text{K}^+$. Glukosa diangkut melalui saluran limfatika dan aliran darah menuju hepar. Glukosa darah yang meningkat menstimuli pankreas untuk mensekresikan insulin. Uptake glukosa di hepatocyt dibantu oleh aktifitas hormon insulin. Nasib glukosa di hepar, jaringan adipose serta otot skelet mengalami glikolisis Embden Meyer Hoff sedangkan di hepar dan otot skelet glukosa akan mengalami glikogenesis membentuk glikogen sebagai simpanan energy. Glikogen merupakan polimer glukosa bercabang dengan rantai 1-4 α glikosidik sebagai rantai lurus nya dan ikatan 1-6 α glikosidik sebagai percabangannya. Glukosa akan mengalami proses glikolisis yang langkah awalnya diaktifkan oleh enzim kunci di hepar yaitu Heksokinase.

Proses glikolisis mengubah glukosa menjadi piruvat. Penumpukan piruvat memicu aktifitas enzim piruvat dehidrogenase untuk mengubahnya menjadi acetyl CoA. Asetyl CoA akan masuk ke siklus asam sitrat (Siklus Krebs) sehingga dihasilkan ATP dan sejumlah ekuivalen H yang akan berlanjut pada rantai

respirasi menghasilkan ATP dan hasil akhir CO₂ dan H₂O. Nasib lipid dengan rantai sedang akan diserap langsung melalui aliran darah sedangkan lipid dengan rantai panjang akan diangkut melalui saluran limfatika dibawa ke empedu untuk membentuk misel. Misel mudah larut dengan air dan mudah dicerna oleh enzim lipase, selanjutnya membentuk TG yang akan diangkut oleh kilomikron menuju ke hepar. Di Hepar kilomikron akan diubah menjadi kolesterol dan TG yang selanjutnya TG akan diangkut ke jaringan adipose.

AcetylCoA akan dirangkai menjadi asam lemak dan akan disimpan menjadi triasilgliserol (TG). Peningkatan jumlah produk TG memicu peningkatan pengangkutan TG sebagai *Very Low Density Lipoprotein* (VLDL). Transport VLDL meningkat menuju ke jaringan adipose sebagai muara simpanan TG. Uptake VLDL di adiposit dipengaruhi oleh aktifitas insulin. TG yang diangkut VLDL akan dilepaskan sebagai asam lemak bebas, selanjutnya menjadi simpanan lemak sebagai TG. Sedangkan absorpsi lemak dari intestinum akan diangkut oleh kilomikron menuju ke adiposit. Uptake TG dari kilomikron dibantu oleh aktifitas insulin di adiposit agar meningkatkan aktifitas enzim Lipoprotein lipase yang mempercepat lepasnya TG dari kilomikron.

Piruvat dari hasil glikolisis maupun dari konversi asam amino terjadi di sitosol akan masuk ke mitokondria selanjutnya mengalami perubahan menjadi acetylCoA. Acetyl CoA bereaksi dengan asam oksaloasetat membentuk citrat. Selanjutnya citrate akan di keluarkan dari mitokondria melalui mekanisme *citrate shuttle*. Citrat akan terurai menjadi asam oksaloasetat dan acetylCoA. Acetyl CoA merupakan prekursor untuk sintesis asam lemak. Aktifitas enzim Acetyl CoA carboksilase akan memulai langkah awal sintesis asam lemak :



Malonyl Coa merupakan donor gugus acetyl untuk melanjutkan reaksi berikutnya. Berikut ini di gambarkan tahapan sintesis asam lemak. Sintesis asam lemak terdiri dari 4 tahapan yaitu:

- Tahap 1. : Reaksi kondensasi terbentuk Asetoacetyl-S- ACP
- Tahap 2. : Reaksi Reduksi terbentuk β Hidroksibutyryl-S-ACP
- Tahap 3. : Reaksi dehidrasi terbentuk crotonyl-S-ACP
- Tahap 4. : Reaksi reduksi terbentuk Butyryl-S-ACP

Sintesis asam lemak dilakukan pengaturan agar terjadi dengan kecepatan normal. Pengaturan yang terlibat pada sintesis asam lemak terutama menentukan langkah awal sintesis adalah pada aktivasi acetyl karboksilase. Adapun mekanisme pengaturan tersebut adalah:

1. Pengaturan kovalen

Pengaturan kovalen dapat mengaktifkan dan menghentikan aktifitas sintesis. Efek mengaktifkan pada saat kenyang ; yaitu saat insulin menginduksi enzim protein phosphatase dan mengaktifkan acetyl Co A. Sedangkan efek ,enghentikan aktifitas sintesis saat Glukagon meningkatkan aktifitas cAMP, mengkatifkan protein kinase A dan menghentikan aktifitas acetyl Coa.

2. Pengaturan Allosterik

Pengaturan Allosterik distimulasi oleh sitrat dan aktivasi nutrient, namun pengaturan allosteric akan dihambat oleh palmitoyl coA yang berdampak pada peningkatan β oksidasi (saat puasa) dan pembatasan esterifikasi TG.

3. Pengaturan enzyme yang mudah terinduksi

Enzym – enzyme untuk sintesis asam lemak mudah diaktifkan atau diinduksi oleh hormone insulin namun akan ditekan aktifitasnya oleh hormone glukagon.

Saat kenyang maka akan terjadi penimbunan trigliserida sebagai simpanan energy terutama di jaringan adipose.

Asam – asam amino setelah di absorpsi akan ditransport di beberapa jaringan dan sebageian asam amino akan diubah menjadi asetil CoA masuk ke siklus asam strat selanjutnya diubah menjadi energi.

2. Adaptasi metabolisme saat beraktifitas sampai lapar.

Saat tubuh tidak ada asupan makanan dan kadar glukosa darah pada ambang rendah karena adanya aktifitas fisik, maka tubuh akan memicu pengeluaran enzim glukagon dan ephinefrin. Pada keadaan ini akan terjadi beberapa proses metabolisme untuk menghasilkan glukosa sehingga kekurangan glukosa dapat terpenuhi. Sebagian glukosa akan diubah menghasilkan energy. Proses – proses untuk memenuhi kebutuhan glukosa adalah:

a Glikogenolisis

Reseptor glukagon di hepar akan meningkatkan aktifitas adenilat siklase yang akan mengubah ATP menjadi cAMP. cAMP berikatan dengan protein kinase A yang akan menyebabkan aktifasi subkatalitik. Protein kinase A mengaktifkan fosforilase kinase dengan fosforilasi. Hal ini berakibat pada perubahan fosforilase b menjadi fosforilase A yang aktif. Protein kinase A juga mengaktifkan fosforilase glikogen sintase sehingga menghambat aktifitasnya. Proses glikogenolisis melalui beberapa tahapan yaitu pemecahan glikogen oleh enzim fosforilase dengan bantuan pospat selanjutnya melibatkan aktifitas enzim glukon reduktase dan disempurnakan oleh enzim debranching yang akan menghasilkan glukosa bebas.

Glikogenesis yang terjadi di otot skelet dengan aktifitas cAMP yang berasal dari energy ATP otot skelet (1), sekresi ion Ca^{2+} dari impulse syaraf(2), dan juga dari aktifitas ephinephrin yang akan megaktifkan CAMP (3) dan cAMP dari otot skelet akan meningkatkan aktifitas phosphorylase B, cAMP juga mengaktifkan PHosphorilase tergantung P Kinase A . Ion Ca^{2+} akan dibutuhkan calmodulin untuk mengaktifkan

PHosphorilase tergantung P Kinase A.

b Glukoneogenesis

Glukoneogenesis adalah proses pembentukan glukosa baru dari sumber- sumber non karbohidrat seperti, asam amino, asam laktat, gliserol, benda-benda keton.

c Beta oksidasi asam lemak

Sumber simpanan TG di adiposit akan mengalami pemecahan menjadi asam – asam lemak. Pembongkaran TG melalui proses β oksidasi asam lemak. Tahapan proses beta oksidasi dimulai dengan pemindahan asam lemak melalui membrane bagian dalam mitokondria yang memerlukan *shuttle* karnitin karena membrane bagian dalam mitokondria bersifat impermeable terhadap asam lemakCoA.

Selanjutnya asam lemak CoA di dalam mitokondria mengalami serangkaian pemecahan yang terdiri atas:

- a. Dehidrogenasi tergantung FAD menghasilkan Enoyl CoA
- b. Hidrasi menghasilkan BetahidroxyacylCoA
- c. Dehidrogenasi tergantung NAD⁺ dengan hasil akhir Beta ketoacylCoA
- d. Pemecahan menghasilkan AcetylCoA dan asam lemak rantai lebih pendek

Asetyl CoA yang dihasilkan akan masuk kedalam siklus asam sitrat untuk dihasilkan ATP dan sejumlah equivalen H yang akan masuk ke rantai pernafas menghasilkan ATO dan terakhir H₂O dan CO₂. Namun jika beberapa hari tidak ada asupan makanan maka tubuh akan membongkar simpanan TG di adiposity dan hepar lebih banyak lagi, sehingga aktifitas betaoksidasi akan meningkat, yang berakibat pada penumpukan acetyl CoA. Akibatnya Acetyl Coa akan diubah menjadi benda- benda keton (beta hidrosibutirat, asetoasetat, aseton). Benda- benda keton ini juga dapat

diubah menjadi glukosa untuk asupan energy jaringan – jaringan tertentu seperti otak, syaraf dan eritrosit.

III. 3. Peran vitamin

Vitamin dan mineral memiliki peran bermacam – macam di dalam tubuh manusia. Keberadaannya penting untuk metabolisme senyawa – senyawa yang essential bagi tubuh. Berdasarkan jenis pelarutnya, vitamin dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu vitamin larut air dan vitamin larut lemak.

1. Vitamin larut lemak

Vitamin larut lemak banyak tersedia baik dari tumbuhan maupun hewan bersama- sama dengan lemak atau minyak. Terdapat lima jenis vitamin larut lemak yaitu:

a Vitamin A (retinol)

Merupakan senyawa poliisoprenoid, disimpan di hepar dan berbentuk ester retinol. Provitamin A (β Karoten) terdapat dalam sayuran yang berwarna kuning-merah dan terdiri atas dua molekul retinal. Pencernaan Vitamin A di intestinum sebagai ester retinol terlarut lemak dihidrolisis dan diabsorpsi diangkut ke hepar. Sedangkan Provitamin A dari sayuran dipecah oleh enzim β karoten dioksigenase dengan bantuan molekul oksigen dan garam empedu menghasilkan retinol dan retinoat.

Fungsi Vitamin A dalam tubuh antara lain: dalam bentuk asam retinoat pengendalian sintesis fosfolipid surfaktan paru. Retinal merupakan komponen pigmen visual rodopsin. Rodopsin terdapat dalam sel batang retina, berperan pada saat cahaya kurang terang. β Karoten berfungsi sebagai antioksidan. Jika kekurangan vitamin A dapat mengalami beberapa gangguan diantaranya terjadi keratinisasi jaringan epitel mata, paru-paru, saluran gastrointestinal, genitourinarius, dan penurunan sekresi mucus. Penyebab buta senja

berakibat xeroptalmia. Namun jika terjadi penumpukan Vitamin A di hepar menyebabkan toksisitas, termanifestasi pada nyeri tulang, hepatosplenomegaly, nausea and diaree..

b Vitamin D

Merupakan prohormon steroid dan dapat menghasilkan kalsitriol. Vitamin D berasal dari ergosterol yang berasal dari tanaman dan 7-dehidrokolesterol yang berasal dari tubuh hewan.

Bentuk utama vitamin D adalah 25-hidroksivitamin D3 yang disimpan di hepar, otot dan jaringan adiposa. 25-hidroksivitamin D3 mengalami hidroksilase menghasilkan 1α , 25-dihidroksi vitamin D3 (kalsitriol). Akibat kurangnya asupan vitamin D3 dan kurangnya paparan cahaya dapat menyebabkan kekurangan vitamin D. Dampak kekurangan Vitamin D3 diantaranya adalah rakhitis, osteomalasia.

c Vitamin E (tokoferol)

Vitamin E memiliki 4 jenis yaitu alfa, beta, gamma, dan delta. Vitamin E disimpan di jaringan adiposa. Namun juga terdapat di membrane cellular, deposits lipid dan lipoproteins sirkulasi lain. Vitamin E berperan sebagai agen antioksidan dengan memutus reaksi rantai radikal bebas. Vitamin E penting mencegah peroksidasi asam lemak tak jenuh membrane seluler. Vitamins E dan C saling berinteraksi pada sifat antioxidant nya. α -tocopherol di regenerasi oleh vitamin C diikuti pembersihan peroxy radikal bebas. Atau α -tocopherol dapat membersihkan dua peroxy radikal bebas, kemudian mengalami konjugasikan dengan glucuronate selanjutnya diekskresi ke empedu. Kerja antioksidan efektif pada konsentrasi oksigen jaringan yang tinggi, seperti pada retina, membran eritrosit dan membran saluran pernafasan. Jika kekurangan vitamin E akan mengalami beberapa gangguan diantaranya anemia pada bayi baru lahir dan ibu

hamil. Anemia terjadi akibat pemendekan umur eritrosit, dan penurunan produksi hemoglobin. Dapat juga terjadi gangguan neurologis dan rentan terpapar kanker.

d Vitamin K

Vitamin K terdapat beberapa bentuk yaitu, menadion (vitamin K3) yang merupakan senyawa induk vitamin K, filokuinon (vitamin K1) yang berasal dari tanaman, dan menakuinon (vitamin K7) yang dapat disintesis oleh bakteri dalam usus mamalia. Vitamin K memiliki beberapa peran yaitu mempertahankan kadar normal protein faktor pembekuan darah II, VII, IX, dan X, protein C and protein S. Mengaktifkan reaksi karboksilasi residu glutamat (glu) menjadi γ karboksilglutamat (gla).

Aktifasi residu ini diperlukan untuk aktifasi faktor pembekuan darah II. Kejadian kekurangan vitamin K sangat jarang. Namun jika mengkonsumsi antibiotic jangka panjang dapat berisiko kekurangan vitamin K, karena bakteri usus manusia mampu mensintesis vitamin K. Bayi baru lahir rentan kekurangan vitamin K karena usus bayi masih bersih. Kekurangan vitamin K ditandai dengan sindrom hemorrhagic.

2. Vitamin larut air

Vitamin larut air terdapat banyak jenis, umumnya disebut sebagai vitamin B dan vitamin C. Sumber vitamin larut air banyak berasal dari sayuran dan buah. Adapun jenisnya adalah sebagai berikut.

a Vitamin C

Struktur vitamin C atau asam askorbat memiliki rasa asam, namun rasa asam juga terdapat pada asam sitrat. Vitamin C merupakan derivat glukosa. Vitamin C berperan penting pada proses fisiologis manusia. Vitamin C diperlukan untuk memperbaiki jaringan di seluruh bagian tubuh. Vitamin C terlibat pada pembentukan protein penyusun kulit, tendon,

ligament, pembuluh darah, untuk menyembuhkan luka dan membentuk jaringan pengganti, memperbaiki dan menjaga kartilago, tulang, gigi dan membantu penyerapan besi. Juga berperan sebagai agen pereduksi dan agen yang menutupi logam nanopartikel, antioksidan larut air. Kekurangan vitamin C jangka panjang menyebabkan penyakit skorbut yang ditandai dengan kulit mudah memar (kegagalan sintesis kolagen), kelelahan otot, gusi lunak bengkak, penurunan penyembuhan luka dan pendarahan, osteoporosis (pembentukan osteoid) dan anemia.

b Vitamin B1 (Thiamin)

Thiamin bentuk aktif sebagai thiamin biphosphat. Thiamin diphosphat merupakan koenzim pada reaksi ensimatik yang memindahkan unit aldehid teraktifasi. Kekurangan thiamin dapat menyebabkan terhambatnya reaksi tergantung thiamin diphosphat sehingga terjadi penumpukan substrat dari reaksi - reaksi tersebut. Juga menyebabkan beri - beri dan sindrom defisiensi terkait seperti neurophaty perifer, kelelahan, anoreksia, edema. Kekurangan thiamin pada penderita alcoholic kronis yang menurun selera makannya dapat menyebabkan Wernicke's encephalopathy. Pada orang yang gemar mengkonsumsi ikan mentah dapat juga kekurangan thiamin karena enzim thiaminase enzim pada ikan mentah tertentu dapat menghancurkan thiamin. Kecukupan thiamin dapat diperoleh dari jaringan hewan dan tumbuhan yang dikonsumsi sebagai makanan meski jumlahnya kecil. Sumber utama thiamin adalah beras dan gandum yang belum dibersihkan (bukan beras giling).

c Vitamin B2 (riboflavin)

Vitamin B2 tersusun atas cincin isoalokzasin heterosiklik terkait dengan ribitol (gula alkohol), berwarna, mudah terurai dengan adanya cahaya. Bentuk aktif riboflavin sebagai Flavin

Mono Nukleotida (FMN) dan Flavin Adenin Dinukleotidan (FAD). FMN dan FAD berperan sebagai gugus prostetik bagi enzim oksidoreduktase. Enzim ini disebut juga flavoprotein. Jika kekurangan riboflavin maka semua reaksi yang memerlukan flavoprotein akan gagal. Tanda – tanda kekurangan riboflavin diantaranya stomatitis angular, cheilosis, glossitis, seborrhea dan photophobia. Pada bayi lahir dapat menyebabkan hiperbilirubinemia. Sumber riboflavin diantaranya tanaman dan mikroorganisme seperti yeast juga hati dan ginjal.

d Vitamin B3 (Niasin, asam nikotinat, nikotinamida)

Vitamin B3 atau nikotinamida memiliki struktur derivate pirimidin. Bentuk aktif nikotinamida sebagai nikotinamida Adenin Dinukleotida (NAD⁺) dan Nikotinamida Adenin Dinukleotida Phosphat (NADP⁺) dan berperan sebagai koenzim beberapa enzim oksidoreduktase. Jika kekurangan nikotinamida menyebabkan gangguan dengan tanda – tanda turunnya berat badan, gangguan pencernaan, dermatitis, depresi dan demensia.

e Vitamin B5 (Asam pantotenat)

Vitamin B5 tersusun dari beta alanine dan asam Pantoat. Pantotenat diperlukan untuk synthesis coenzyme A yang merupakan komponen acyl carrier protein (ACP) domain dari asam lemak synthase. Pantotenat dibutuhkan pada metabolisme karbohidrat lemak dan protein melalui siklus asam sitrat (siklus krebs). Sekitar 70 buah enzim memerlukan CoA. Kekurangan pantotenat jarang terjadi. Asupan pantotenat dapat dipenuhi dari konsumsi gandum, cereals, kacang 2 an dan daging

f Vitamin B6 (Pyridoxine, pyridoxal, pyridoxam)

Pyridoxal phosphate berperan sebagai kofaktor enzim yang terlibat dalam reaksi transaminasi. Transaminasi diperlukan untuk sintesis dan katabolisme asam amino

maupun pada glikogenolisis sebagai cofactor *glycogen phosphorylase*. Defisiensi vitamin B6 jarang terjadi, namun efek penggunaan obat dapat menyebabkan kekurangan vitamin B6, seperti penggunaan Isoniazid and penicillamine (terapi rheumatoid arthritis dan cystinuria) dapat bereaksi membentuk persenyawaan dengan pyridoxal dan pyridoxal phosphate. Kebutuhan vitamin B6 dalam diet proportional dengan kadar konsumsi protein 1.4 - 2.0 mg/day dewasa. Pada kondisi hamil dan menyusui meningkat 0.6 mg/hari.

g Vitamin B7 (Biotin, vitamin H)

Tersusun atas cincin tetrahydrothiophene dengan asam valerat yang terikat pada cincin tersebut. Biotin merupakan cofactor untuk enzim dalam reaksi carboxylasi misalnya *acetyl-CoA carboxylase* dan *pyruvate carboxylase*. Deficiencies biotin jarang terjadi. Bakteri usus mampu mensintesis biotin. Sehingga jika mendapatkan terapi antibiotika dalam waktu lama dapat membunuh intestinal fauna berakibat pada kekurangan biotin. Konsumsi telur mentah berlebihan juga menyebabkan kekurangan biotin karena affinitas protein putih telur (AVIDIN) dapat menghambat absorpsi biotin.

h Asam folat (B9)

Asam folat (pteroylmonoglutamic acid) secara biologi tidak aktif, tetapi aktivitas biologis dimiliki oleh tetrahydrofolate dan turunannya setelah dikonversi menjadi dihydrofolic acid di hepar. Asam folat berperan penting pada proses yang sangat esensial seperti sintesis nukleotida, perbaikan DNA. Asam folat berperan sebagai kofaktor enzim, terlibat pada pembelahan sel yang cepat dan peningkatan proses proliferasi (akibat kegagalan synthesis dTMP sehingga Cycle sel beristirahat pada phase S serta mampu mencegah anemia, namun jika kekurangan asam folat dapat menyebabkan kegagalan sintesis DNA selama proses pemasakan eritrosit

menyebabkan anemia makrositik (sel darah merah ukurannya lebih besar). Kekurangan folat dapat juga menyebabkan masalah pada saat perkembangan embrio. Asupan asam folat tercukupi dari mengkonsumsi sejumlah cukup sayuran dan sereal. Perilaku makan yang tidak baik sebagai sumber penyebab kekurangan asam folat, misalnya pecandu alcohol yang kronis. Kebutuhan asam folat pada kondisi hamil meningkat hampir dua kali lipat terutama di trimester terakhir, karena kondisi hamil membutuhkan proliferasi sel darah yang tinggi. Penggunaan obat kontrasepsi oral dan anti convultan dapat mengganggu absorpsi asam folat. Obat anti convultan meningkatkan kecepatan metabolisme asam folat.

i Kobalamin (vitamin B12)

Struktur kobalamin tersusun atas cincin tetrapyrrol (*corrin ring*) dan ion cobalt ion di tengahnya. Sianokobalamin merupakan bentuk paling stabil. Bentuk lain dari kobalamin adalah hydroxocobalamin yang dihasilkan oleh bakteri dan berubah menjadi sianokobalamin pada saat pemurnian dengan menggunakan karbon aktif yang secara alami mengandung sianida sehingga terbentuk sianokobalamin. Kobalamin disintesis oleh bakteri usus selanjutnya akan disimpan di hepar dalam keadaan terikat dengan protein sebagai methycobalamin atau 5'-deoxyadenosylcobalamin. Untuk aktivasi kobalamin maka harus dihidrolisis untuk memisahkan ikatan dengan protein. Hidrolisis memerlukan ion H^+ sehingga hidrolisis terjadi di lambung atau dapat juga diintestinum akan dicerna oleh trypsin. Selanjutnya kobalamin diabsorpsi diangkut lewat darah sebagai transkobalamin II. Kobalamin berfungsi sebagai kofaktor enzim *methylmalonyl-CoA mutase*, yang bekerja pada perubahan methylmalonyl-CoA menjadi succinyl-CoA. Enzim *methionine synthase* memerlukan kobalamin untuk mengubah homocysteine

menjadi methionine. Reaksi ini memindahkan gugus methyl dari N5-methyltetrahydrofolate ke hydroxycobalamin yang akan menghasilkan tetrahydrofolate (THF) dan methylcobalamin selama proses perubahannya.

III. 4. Peran mineral

Mineral adalah unsur kimia yang merupakan bagian tak terpisahkan dari diet yang mempunyai peran penting untuk pertumbuhan dan menjaga keseimbangan metabolisme dalam tubuh. Jika kebutuhan perhari lebih dari 100 mg maka dikelompokkan sebagai mineral utama (makro) jika kurang dari 100 mg/hari dikelompokkan sebagai trace mineral.

1. Makromineral

Unsur kimia yang tergolong makro mineral antara lain: Ca, Mg, Na, K, P, S, Cl. Mineral ini merupakan 60-80% material inorganic dalam tubuh

2. Trace mineral

Mineral yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit, dibagi menjadi 3 golongan:

- a Essential trace mineral (mikronutrien): Fe, I, Cu, Zn, Mn, Co, Mo, Se, Cr, dan F.
- b Possibly essential trace elements : Ni, Va, Si, Sn
- c Non essential trace elements: Al, Boron, Germanium, Cd, As, Pb, Hg

Peran mineral dalam tubuh terlibat dalam bermacam – macam sintesis. Berikut dibawah ini adalah peran mineral.

Kalsium (Ca)

Kalsium total dalam tubuh seberat 1,5 Kg. sebesar 99% berada di tulang, sbg hidroksiapatit dan amorf kalsium fosfat dan 1 % di aliran darah. Kalsium dibutuhkan untuk eksitabilitas jantung dan otot, saraf, dan permeabilitas membran, koagulasi darah. Absorpsi kalsium di

usus halus secara aktif, dibantu vitamin D, laktosa, protein, pH asam. Absorpsi kalsium dapat dihambat oleh oksalat dan fitat. Kebutuhan anak – anak 1500 mg/hr, dewasa 500mg/hr, keadaan menyusui atau hamil 1500mg/hr. Jika terjadi hyperkalsemia (dalam darah lebih dari 11 mg/dl) akibat adenoma parathyroid atau tumor memproduksi PTH ectopic, sehingga ekskresi kalsium di urin turun. Jika kadar calcium kurang dari 8 mg/dl disebut hipokalsemia. Hipokalsemia dapat menyebabkan tetani bias akibat pengambilan kelenjar parathyroid atau autoimmune. Pada kondisi ini iritabilita otot meningkat. Sumber asupan kalsium dari susu, cereal.

Fosfor (P)

Komponen phosphor tubuh total sekitar 1 kg. Tulang mengandung 80% phosphate dan otot mengandung 20 % phosphate. Kebutuhan Phosphat perhari sekitar 500 mg. Phosphat terlibat pada proses pembentukan tulang, gigi, penghasilan energi phosphat tinggi (ATP,CTP, DTP), synthesis ko enzim NADP, membrntuk struktur Phosphodiester kerangka DNA, RNA. Sumber asupan phosphate misalnya susu, mengandung sekitar 100 mg/dl. Kadar phosphate darah anak sekitar 5-6 mg/dl sedang pada dewasa sekitar 3-4 mg/dl. Sumber asupan phosphate. Akibat kegagalan absorpsi phosphate menyebabkan hipophosphosetemia, biasanya pada alkoholise kronik, menyebabkan Hipercalsemia. Sedangkan hiperphosphosetemia menyebabkan sel lisis, Tyrotoxocosis, dan hipocalsemia.

Magnesium

Komponen magnesium di tubuh sekitar 70% bergabung dengan Ca. Asupan dewasa perhari rerata adalah 300-400 mg. Sumber magnesium, adalah sayuran berwarna hijau, ikan, cereal, kacang polong. Rerata kadar di serum sekitar 1.8-2.2 mg/dl. Defisiensi magnesium menyebabkan disfungsi neuromuskuler, menurunkan ambilan glukosa oleh insulin. Hipomagnesia dapat disebabkan oleh

chirosis hepar, malnutrisi protein, hypoparathyroidism. Sedangkan hipermagnesia disebabkan oleh gagal ginjal, keracunan oxalate, multiple myeloma, hiperparatyroidism.

Ferrum (Fe)

Total besi yang terdapat dalam tubuh sebesar 3-4 mg, tersebar sebanyak 75 % di darah dan sisanya di hepar, limpha, sumsum tulang dan otot. Asupan untuk dewasa sekitar 20 mg/hr, untuk anak – anak 20-30 mg/hr dan kondisi hamil 40 mg/hr. Besi terlibat pada proses pembentukan hemoglobin, penulangan, pemeliharaan myelin, komponen metaloenzim dan beberapa protein. Besi dapat disimpan berbentuk ferritin dan hemosiderin di hepar. Transport besi sebagai transferrin 9 protein pembawa besi). Jika kelebihan simpanan besi menyebabkan hemosiderosis biasanya akibat transfuse darah berulang- ulang. Jika terjadi defisiensi besi berakibat anemia mikrositik hipokromik. Absorpsi besi membutuhkan vitamin C dan diatur oleh system pengaturan mucosal, penyimpanan dan erythropoietin. Sumber asupan besi adalah gula merah, sayuran bergdaun hijau, daging.

Cuprum (Cu)

Tubuh mengandung sekitar 100 mg tembaga, tersebar di otot, hepar, tulang, sumsum tulang, otak, ginjal, jantung, dan rambut, juga beberapa enzyme seperti, cytochrome oxidase, tyrosinase, lysyl oxidase, allanine synthase, monoamine oxidase, superoxide dismutase and phenol oxidase. Tembaga diperlukan untuk sintesis hemoglobin, sebagai cofactor vitamin C proses hidrosilasi, meningkatkan kadar HDL dan melindungi jantung. Jika kadar tembaga kberlebihan erdapat pada penderita Wilson's disease and Menke's kidney hair syndrome. Tembaga terakumulasi di otak, hepar dan kornea. Asupan normal perhari sekitar 1.5 - 3 mg/hari. Sumber makanan utama tembaga adalah daging, cereal, kacang, hati, sayuran hijau. Normal serum tembaga sekitar 25

- 50 mg/dl. Intestinum hanya mampu menyerap 10 % tembaga yang berasal dari makanan. Ekskresi tembaga melalui empedu.

Zink (Zn)

Total Zn dalam tubuh sekitar 2 gr, tersebar sejumlah 60 % di otot dan 30 % di tulang, area hippocampus otak dan secret prostat, spermatozoa, prostat, epididymis. Sejumlah lebih dari 300 enzim memerlukan kofaktor Zn, misalnya carboxypeptidase, carbonic anhydrase, alkaline phosphatase, lactate dehydrogenase, alcohol dehydrogenase, enzyme RNA polymerase. Asupan Zn perhari sebesar 100mg/hari. Peran Zn terlibat pada proses pertumbuhan, reproduksi, penyembuhan luka, perbaikan sel rusak. Kekurangan Zn menyebabkan gangguan penyembuhan luka, kuit mudah memar, kegagalan spermatogenesis, hiperkeratosis, dermatitis, dan alopecia (botak di bagian-bagian tumbuhnya rambut). Jika asupan Zn tinggi misalnya 1000 mg/ hari menyebabkan keracunan Zn yang berdampak pada tukak lambung, pankreatitis, anemia, mual dan muntah.

Flouride (F)

Flouraide dikenal sebagai pelindung dari karies gigi, F dalam air sekitar 1 ppm, Namun jika kelebihan F menyebabkan fluorosis lebih berbahaya dari pada karies. Jika F di tubuh sekitar 2 ppm menyebabkan gastroenteritis, berat badan turun, osteosclerosis, gigi tidak berwarna dan terlihat berlapis. Sumber utama flouride adalah keju, ikan laut, teh. Flourosis dapat dicegah dengan mengkonsumsi Flouride bebas dari air, pasta gigi diperkaya dengan flouride.

Selenium (Se)

Asupan Se dari makanan normal sejumlah 50-100 mg/day. Kadar selenium tertinggi di testis. Enzim glutathione peroxidase tergantung selenium dan 5-de-iodinase. Selenium dibutuhkan untuk perkembangan dan pemasakan sperma. Selenosis adalah keracunan

selenium ditandai dengan rambut rontok, kuku mudah pecah, diare, berat badan turun, nafas berbau bawang.

Mangan (Mn)

Kadar normal asupan mangan 5mg/day. Absorpsi Mn dihambat oleh besi. Mn di darah terikat sebagai trans mangan dan dikeluarkan melalui empedu. Mn terlibat pada proses penulangan, reproduksi, saraf.

Iodium (I)

Berperan pada pembentukan tiroksin.

Cobalt (Co)

Untuk membentuk vitamin B12

Molibdenum (Mo):

Dibutuhkan untuk aktifitas enzim xantin oksidase, aldehyd oksidase, sulfid oksidase

Crom (Cr)

Terlibat pada metabolisme karbohidrat dan glukosa.

S (Sulfur)

Pada asam amino sistein dan metionin, dan kofaktor enzim tiamin, biotin, koenzim A dan asam lemak

DAFTAR PUSTAKA

- Murray, RK., Bender K, Botham DM, et al, 2009. *Harper's Illustrated Biochemistry*. Twenty-Eighth Edition, Mc Graw Hill Medicine, London
- Nelson DL, Cox MM, 2008. *The of Lehninger principle of biochemistry*. 15th Edition

Ravisankar P, Reddy A A, Nagalakshmi B. , Koushik OS, , Kumar B V , Anvith PS, 2015. The Comprehensive Review on Fat Soluble Vitamins. *IOSR Journal Of Pharmacy*. Volume 5, Issue 11, PP. 12-28 .www.iosrphr.org.

Latihan Soal.

1. Pada proses penyerapan asam lemak di usus selanjutnya lemak akan di transport ke jaringan penyimpan lemak. Sebagai apakah asam lemak yang ditransport dari usus?
 - A. Asam lemak bebas
 - B. Kolesterol
 - C. VLDL
 - D. LDL
 - E. Kilomikron

2. Pada satu tahapan sempurna sintesis asam lemak, asam lemak apakah yang terbentuk?
 - A. Asetoacetyl –S- ACP
 - B. Beta hidroksibutyryl –S-ACP
 - C. Crotonyl-s-ACP
 - D. Malonyl-S-ACP
 - E. Butyryl-S-ACP

3. Pada saat kondisi kenyang bagaimanakah peran insulin di jaringan lemak?
 - A. Menghambat aktifitas Lipoprotein Lipase
 - B. Menurunkan proses esterifikasi
 - C. Menghambat ambilan asam lemak
 - D. Menghambat pembentukan gliserol
 - E. Menghambat inaktivasi Hormon Sensitif lipase

4. Pada saat kenyang senyawa apa yang tertimbun di jaringan lemak?
 - A. Gliserol
 - B. Asam lemak bebas
 - C. Asetyl coA

- D. Glukosa P
 - E. Trigliserida
5. Pada saat kondisi lapar, sumber energy apakah yang digunakan oleh syaraf kita?
- A. Asam lemak
 - B. Asam amino
 - C. Beta hidroksi butirat
 - D. Aseton
 - E. Glukosa
6. Pada saat flu sering terjadi robeknya kelenjar mukosa , Vitamin apakah yang diperlukan untuk memperbaiki selaput mukosa tersebut?
- A. Vitamin K
 - B. Vitamin B1
 - C. Asam Folat
 - D. Vitamin D
 - E. Vitamin A
7. Vitamin apakah yang diperlukan agar pertumbuhan tanda seksual sekunder normal?
- A. Vitamin E
 - B. Vitamin B2
 - C. Asam Folat
 - D. Vitamin K
 - E. Vitamin D
8. Ibu hamil berisiko anemia. Vitamin apakah yang diperlukan ibu hamil tersebut?
- A. Vitamin D
 - B. Niacin

- C. Piridoksin
 - D. Cobalamin
 - E. Asam folat
9. Asupan tinggi mineral apakah yang harus dihindari bagi penderita hipertensi?
- A. Ca²⁺
 - B. Fe²⁺
 - C. K⁺
 - D. Mn²⁺
 - E. Na⁺
10. Mineral apakah yang diperlukan untuk pertumbuhan tulang?
- A. K⁺
 - B. Mn²⁺
 - C. Na⁺
 - D. Fe²⁺
 - E. Ca²⁺

BAB IV

Homeostasis dan Keseimbangan Elektrolit

Oleh: Resti Yulianti Sutrisno, M. Kep., Ns., Sp. Kep., MB

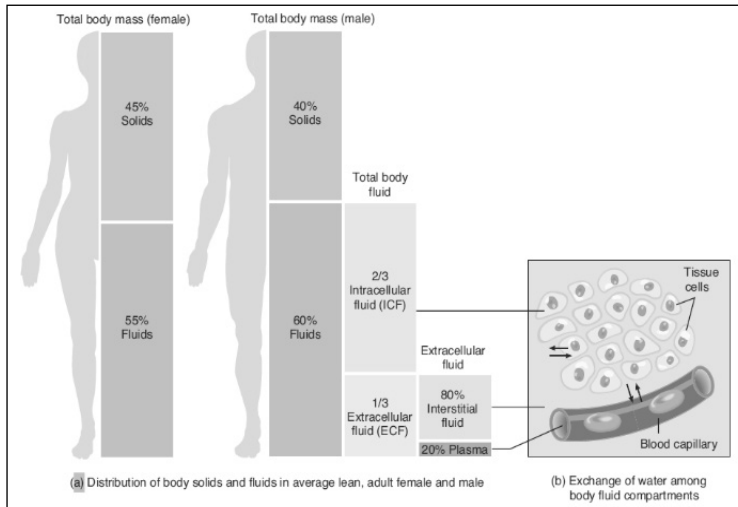
Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa memahami tentang kompartemen dan komposisi cairan tubuh
2. Mahasiswa memahami komposisi elektrolit di cairan tubuh
3. Mahasiswa memahami tentang larutan isotonic, hipotonik dan hipertonic
4. Mahasiswa memahami tentang keseimbangan asam basa
5. Mahasiswa memahami tentang gangguan keseimbangan asam basa

IV. 1. Kompartemen dan komposisi cairan tubuh

Air merupakan komponen utama dalam tubuh manusia. Air membentuk 40-80% berat tubuh atau rata-rata 60 % dari berat tubuh. Jaringan lemak memiliki persentase air paling kecil dibandingkan jaringan yang lain yaitu 10 %, tulang kering 22 %. Plasma mengandung kandungan air lebih dari 90%. Jaringan lunak seperti otot, kulit dan organ internal memiliki kandungan air 70-80 %. Oleh karena itu pada orang dengan berat badan lebih memiliki persentase air lebih sedikit dibandingkan orang yang kurus. Persentase air juga dipengaruhi oleh jenis kelamin dan usia. Laki-laki memiliki persentase air lebih tinggi dibandingkan wanita, karena pada wanita terhadap hormone estrogen yang mendorong pengendapan lemak di payudara, bokong

dan lain-lain. Total air tubuh pada neonatus juga lebih tinggi yaitu sekitar 70-80% berat badan.



Gambar 4. 1. Kompartemen air didalam tubuh (Tortora & Derrickson, 2012)

Air tubuh terdapat didalam satu dari dua kompartemen utama yaitu dua pertiga ($\frac{2}{3}$) bagian merupakan cairan intrasel (CIS) dan sepertiga ($\frac{1}{3}$) bagian merupakan cairan ekstrasel (CES). CES tersebar di dalam cairan metabolisme sebanyak 80% dan cairan plasma sebanyak 20%. Air dapat bergerak bebas dari satu kompartemen ke kompartemen lainnya dengan menyebrangi membran sel. Hal ini berbeda dengan ion yang tidak dapat bergerak dengan bebas menyebrangi membran sel. Proses filtrasi, reabsorpsi, difusi, dan osmosis memungkinkan pertukaran air maupun zat terlarut di antara kompartemen cairan tubuh.

Cairan akan dibawa melalui pembuluh darah kemudian secara cepat cairan dari pembuluh darah (intravaskuler) akan berpindah ke metabolisme melalui membrane semi permeable. Dan selanjutnya dari metabolisme akan berpindah ke intraseluler melalui membrane yang

permeable selektif. Pertukaran cairan antara intravaskuler dengan interstitial terjadi karena adanya tekanan hidrostatis dan metabol koloid (albumin). Pada ujung arteri dari kapiler, tekanan hidrostatis dari darah (mendorong cairan keluar) melebihi tekanan osmotik koloid (menahan cairan tetap didalam) sehingga mengakibatkan perpindahan dari bagian intravaskular ke interstitial. Pada ujung vena dari kapiler, cairan berpindah dari ruang interstitial ke ruang intravaskular karena tekanan osmotik koloid melebihi tekanan hidrostatis. Osmosis adalah proses pergerakan dari air yang melewati membran semipermeabel yang disebabkan oleh perbedaan konsentrasi. Proses perpindahan air terjadi dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi. Tekanan osmotik adalah daya dorong air yang dihasilkan oleh partikel-partikel zat terlarut didalamnya. Pertukaran cairan antara ruangan interstitial dan intraselular dibangun oleh daya osmotik dari kompartemen yang hipoosmolar menuju kompartemen yang hiperosmolar. Difusi antara cairan interstitial dan cairan intraselular dapat terjadi melalui beberapa mekanisme: (1) secara langsung melewati lapisan lemak bilayer pada membran sel, (2) melewati protein *channel* dalam membran, (3) melalui ikatan dengan protein *carier* yang *reversible* yang dapat melewati membran (difusi yang difasilitasi).

Volume cairan di dalam tubuh konstan karena jumlah air yang masuk sama dengan jumlah air yang keluar. Air di dalam tubuh di dapatkan dari dua sumber dengan jumlah total 2500 ml/hari. Tubuh mendapatkan air dari proses pencernaan dan metabolisme. Sumber utama air adalah dari intake minuman (sekitar 1600 ml) dan dari makanan (sekitar 700 ml) yang diserap melalui saluran gastrinitestinal. Sedangkan sumber air tubuh yang lain berasal dari hasil metabolisme yang diproduksi oleh tubuh sejumlah 200 ml/hari. Pengeluaran cairan tubuh sebanyak 2500 ml/hari dapat terjadi melalui empat cara yaitu ekskresi oleh ginjal dengan pengeluaran urine sebanyak 1500 ml, evaporasi melalui kulit sebanyak 600 ml (400 ml melalui pengeluaran yang tidak tampak dan 200 ml melalui

keringat), ekspirasi sistem pernapasan sebanyak 300 ml, dan eliminasi feses dari sistem gastrointestinal yaitu sebanyak 100 ml. Pada wanita, kehilangan cairan tubuh juga terjadi pada saat menstruasi.

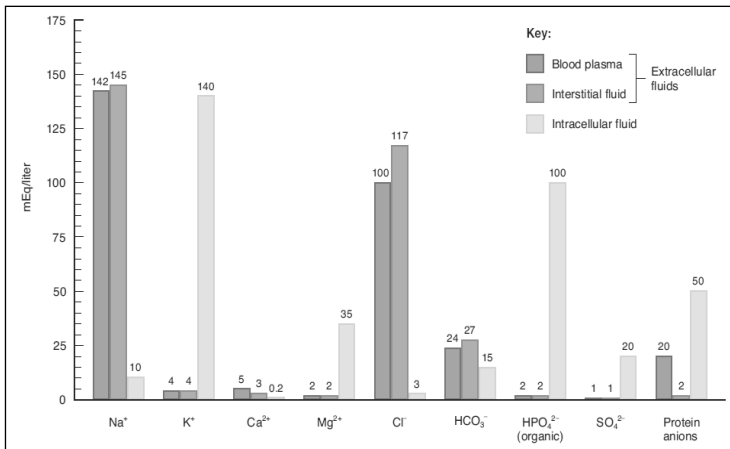
Ketika tubuh banyak kehilangan air maka akan terjadi penurunan volume air dan peningkatan osmolaritas cairan tubuh sehingga menstimulus rasa haus di hipotalamus dan akan mengatur keinginan untuk minum. Pada saat masa tubuh menurun 2% karena kehilangan cairan maka dehidrasi ringan terjadi. Penurunan volume darah yang menyebabkan penurunan tekanan darah, sehingga akan menstimulus ginjal untuk mengeluarkan renin yang mendorong pembentukan angiotensin II. Peningkatan impuls saraf dari osmoreseptor di hipotalamus, dipicu oleh peningkatan osmolaritas darah, dan peningkatan angiotensin II dalam darah keduanya menstimulasi rasa haus pusat di hipotalamus. Sinyal lain yang merangsang rasa haus berasal dari (1) neuron di mulut yang mendeteksi kekeringan karena penurunan aliran air liur dan (2) baroreseptor yang mendeteksi diturunkan tekanan darah di jantung dan pembuluh darah. Akibatnya, itu sensasi rasa haus meningkat, yang biasanya menyebabkan peningkatan asupan cairan (jika cairan tersedia) dan pemulihan cairan normal volume. Secara keseluruhan, timbunan cairan menyeimbangkan kehilangan cairan. Terkadang, bagaimanapun, sensasi haus tidak terjadi cukup cepat atau akses cairan dibatasi, dan terjadi dehidrasi yang signifikan. Ini paling sering terjadi pada orang tua, pada bayi, dan pada mereka yang berada dalam kondisi mental yang bingung. Saat berkeringat berat atau kehilangan cairan dari diare atau muntah terjadi, adalah bijaksana untuk mulai mengganti tubuh cairan dengan minum cairan bahkan sebelum sensasi haus terjadi.

IV. 2. Komposisi elektrolit didalam tubuh

Elektrolit merupakan molekul terionisasi yang terdapat di dalam darah, jaringan, dan sel tubuh. Elektrolit atau ion adalah garam yang terurai didalam air menjadi satu atau lebih partikel-partikel

bermuatan. Dalam bentuk positif (kation) maupun yang negatif (anion). Fungsi elektrolit yaitu menghantarkan arus listrik, membantu mempertahankan pH dan level asam basa dalam tubuh, memfasilitasi pergerakan cairan antar dan dalam sel melalui proses osmosis.

Elektrolit tubuh terdiri dari natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), klorida (Cl^-), bikarbonat (HCO_3^-), fosfat (HPO_4^{2-}) dan sulfat (SO_4^{2-}). Komposisi elektrolit yang mengisi kompartemen tubuh



Gambar 4. 2. Komposisi elektrolit dalam kompartemen tubuh (Tortora & Derrickson, 2012)

Ion klorida (Cl^-) merupakan anion terbanyak di dalam cairan ekstraseluler. Konsentrasi klorida dalam plasma darah normalnya 95-105 mEq/LITER. Klorida relatif mudah bergerak antara kompartemen ekstraseluler dan intraseluler karena di dalam membran plasma terdapat banyak ion klorida sehingga dapat membantu menyeimbangkan anion dalam kompartemen yang berbeda. ADH (Anti Diuretik Hormon) membantu dalam mengatur ion klorida pada keseimbangan cairan tubuh karena mengatur tingkat kehilangan air dalam urin. Proses reabsorpsi ion natrium di ginjal juga mempengaruhi ion klorida.

Ion Kalium (K) atau Potassium adalah kation yang paling banyak di cairan intraseluler yaitu 140 mEq/liter, sedangkan konsentrasi kalium dalam plasma darah normalnya 3,5-5,0 mEq/liter. Kalium sangat berperan dalam membangun potensial membran istirahat pada fase repolarisasi di neuron dan serat otot. Kalium juga membantu menjaga volume cairan intraseluler normal. Kalium dapat berpindah keluar maupun ke dalam sel untuk membantu mengatur pH cairan tubuh dengan bertukar dengan ion hidrogen. Konsentrasi kalium dipengaruhi oleh aldosteron. Ketika konsentrasi kalium tinggi, aldosteron akan disekresikan ke dalam darah untuk menstimulus duktus kolektivus untuk mengeluarkan lebihnya ion kalium ke dalam urin, demikian juga sebaliknya. Konsentrasi ion kalium yang tidak normal berbahaya, contohnya pada hiperkalemia dapat menyebabkan terjadinya ventrikel fibrilasi yang dapat menyebabkan kematian.

Ion bikarbonat (HCO_3) merupakan anion terbanyak kedua pada cairan ekstraseluler. Konsentrasi normal HCO_3 dalam plasma darah adalah 22-26 mEq/liter dalam arteri sistemik, dan 23-27 mEq/liter dalam vena sistemik. Konsentrasi bikarbonat meningkat seiring dengan darah mengalir melalui kapiler sistemik karena hasil metabolisme tubuh berupa karbondioksida bergabung dengan air membentuk asam karbonat, asam karbonat kemudian terdisosiasi menjadi ion H dan HCO_3 . Konsentrasi HCO_3 berkurang lagi saat karbondioksida dihembuskan melalui paru. Ginjal merupakan regulator utama konsentrasi HCO_3 di dalam darah. Ketika konsentrasi HCO_3 di dalam darah tinggi akan dikeluarkan bersama urin, sedangkan ketika konsentrasi di dalam darah rendah maka sel di tubulus ginjal akan mengekskresikan HCO_3 .

Ion kalsium (Ca) merupakan kation pada cairan ekstraseluler. Konsentrasi Ca di dalam plasma darah normalnya 4,5-5,5 mEq/liter. Ca sebagian besar disimpan di dalam tulang. Sekitar 98% kalsium terletak di tulang dan gigi, dimana kalsium dikombinasikan dengan fosfat membentuk garam mineral. Ca berperan pada kekerasan

tulang dan gigi, pembekuan darah, pelepasan neurotransmitter, pemeliharaan tonus otot dan rangsangan jaringan saraf dan otot. Kalsium diatur oleh hormon paratiroid (PTH). Ketika tingkat Ca di dalam plasma rendah maka akan dikeluarkan PTH dalam jumlah banyak untuk merangsang osteoklas di dalam jaringan tulang untuk melepas kalsium dan fosfat dari matriks ekstraseluler tulang. Hormon PTH juga meningkatkan reabsorpsi Ca dari filtrasi glomerulus melalui sel tubulus di ginjal dan meningkatkan produksi calcitriol yang akan meningkatkan penyerapan Ca di saluran pencernaan. Kalsitonin yang diproduksi kelenjar tiroid menghambat aktivitas osteoklas, sehingga mempercepat deposisi Ca ke dalam tulang, sehingga menurunkan kadar Ca dalam darah.

Fosfat sebagian besar terdapat dalam bentuk garam kalsium fosfat yang merupakan komponen struktural tulang dan gigi (85%). Sedangkan yang 15% dalam bentuk ion. Terdapat tiga ion fosfat yaitu H_2PO_4 , HPO_4 , dan PO_4 . Ion fosfat merupakan anion intraseluler yang sangat penting. HPO_4 merupakan bentuk ion yang paling umum pada saat cairan tubuh berada dalam pH normal. Konsentrasi ion fosfat dalam plasma darah yaitu 1,7-2,6 mEq/liter. Hormon PTH akan menstimulus resorpsi matriks ekstraseluler tulang oleh osteoklas sehingga melepaskan fosfat dan kalsium ke dalam aliran darah. Di ginjal, PTH menghambat resorpsi ion fosfat dan merangsang resorpsi ion kalsium oleh tubulus ginjal, sehingga PTH meningkatkan ekskresi fosfat dan menurunkan tingkat fosfat darah. Calcitriol meningkatkan absorpsi fosfat dan kalsium di saluran pencernaan.

Magnesium (Mg) sebagian besar terdapat pada tulang (54%), sisanya 46% terdapat sebagai ion magnesium (Mg^{2+}) dalam cairan intraseluler (45%) dan ekstraseluler (1%). Ion magnesium merupakan kation ekstraseluler terbanyak kedua dengan konsentrasi 35 mEq/liter. Ion magnesium sangat berperan untuk metabolisme protein dan karbohidrat, aktivitas neuromuskular, transmisi sinaptik, dan miokardial. Ginjal menungkatkan ekskresi Mg^{2+} dalam merespon

terhadap hiperkalsemia, hipermagnesemia, peningkatan volume cairan ekstraseluler, penurunan hormon paratiroid dan asidosis.

IV. 3. Larutan isotonic, hipotonik dan hipertonic

Larutan dapat dikategorikan dalam tiga komponen yaitu larutan isotonic, hipotonik, dan hipertonic. Larutan tersebut apakah memiliki osmolalitas total sama dengan, kurang, atau lebih besar dari darah. Osmolalitas plasma darah sekitar 300 mOsm/liter (300 mmol/L). Larutan elektrolit dianggap isotonic jika total kandungan elektrolit (anion dan kation) adalah 310 mEq/L. Larutan dianggap hipotonik jika total elektrolit kurang dari 250 mEq/L dan larutan dianggap hipertonic jika total elektrolit lebih dari 375 mEq/L.

Larutan Isotonik adalah suatu cairan yang memiliki tekanan osmotik yang sama atau mendekati dengan tekanan osmotik di dalam plasma, sehingga cairan tersebut dapat berada terus di pembuluh darah. Larutan isotonic sangat bermanfaat pada pasien yang mengalami hipovolemia (kekurangan cairan tubuh, sehingga tekanan darah terus menurun). Satu liter cairan isotonic hanya mengisi plasma 0,25 liter, karena cairan tersebut berdifusi cepat ke kompartemen CES. Sehingga untuk menggantikan 1 liter darah membutuhkan larutan isotonic sebanyak 3 liter. Cairan ini dapat memperluas ruang intravaskuler sehingga penggunaan isotonic memiliki resiko terjadinya overload (kelebihan cairan), khususnya pada penyakit gagal jantung kongestif dan hipertensi. Contoh larutan isotonic adalah cairan Ringer-Laktat (RL), dan normalsaline/larutan garam fisiologis (NaCl 0,9%). Contoh cairan isotonic yaitu NaCl 0,9 %, Ringer laktat, Komponen-komponen darah (albumin 5 %, plasma), Dextrose 5 % dalam air (D 5 W).

Larutan hipotonik adalah suatu larutan yang memiliki tekanan osmotik yang lebih kecil daripada tekanan osmotik di dalam plasma darah. Maka cairan dapat keluar dari dalam pembuluh darah ke jaringan sekitarnya (prinsip cairan berpindah dari osmolaritas rendah

keosmolaritas tinggi), sampai akhirnya mengisi sel-sel yang dituju. Larutan hipotonik digunakan pada keadaan sel mengalami dehidrasi sehingga bertujuan untuk mengganti cairan seluler. Larutan ini kadang untuk mengatasi pasien dengan hipernatremia atau kondisi hiperosmolar lainnya, misalnya pada pasien cuci darah (dialysis) dalam terapi diuretik, juga pada pasien hiperglikemia (kadar gula darah tinggi) dengan ketoasidosis isotonic. Pemberian cairan ini umumnya menyebabkan dilusi konsentrasi larutan plasma dan mendorong air masuk ke dalam sel untuk memperbaiki keseimbangan di intrasel dan ekstrasel. Larutan hipotonik memiliki osmolaritasnya lebih rendah dibandingkan serum (konsentrasi ion Na^+ lebih rendah dibandingkan serum), sehingga larut dalam serum, dan menurunkan osmolaritas serum. Komplikasi yang membahayakan adalah perpindahan tiba-tiba cairan dari dalam pembuluh darah ke sel, menyebabkan kolaps kardiovaskular dan peningkatan tekanan intrakranial (dalam otak) pada beberapa orang. Contohnya adalah NaCl 45% dengan osmolalitas 154 mOsm/L dan Dekstrosa 2,5%.

Larutan hipertonik adalah suatu larutan yang memiliki tekanan osmotik yang lebih tinggi daripada yang ada di dalam plasma darah. Pemberian cairan ini meningkatkan konsentrasi larutan plasma dan mendorong air masuk ke dalam sel untuk memperbaiki keseimbangan osmotik, sel kemudian akan menyusut. Cairan hipertonik memiliki osmolaritas lebih tinggi dibandingkan serum, sehingga menarik cairan dan elektrolit dari jaringan dan sel ke dalam pembuluh darah sehingga dapat menstabilkan tekanan darah, meningkatkan produksi urin, dan mengurangi edema (bengkak). Contoh larutan hipertonik adalah Dextrose 5 % dalam NaCl 0,9 %, Dextrose 5 % dalam NaCl 0,45 % hanya sedikit hipertonis karena dextrose dengan cepat dimetabolisme dan hanya sementara mempengaruhi tekanan osmotik), Dextrose 10 % dalam air, Dextrose 20 % dalam air, NaCl 3% dan 5%, Larutan hiperalimentasi, Dextrose 5 % dalam ringer laktat, Albumin 25.

Pembagian cairan lain adalah berdasarkan kelompoknya ada dua yaitu cairan kristaloid dan cairan koloid. Cairan kristaloid bersifat isotonic, maka efektif dalam mengisi sejumlah volume cairan (volume expanders) ke dalam pembuluh darah dalam waktu yang singkat, dan berguna pada pasien yang memerlukan cairan segera. Misalnya Ringer-Laktat dan garam fisiologis. Cairan koloid: ukuran molekulnya (biasanya protein) cukup besar sehingga tidak akan keluar dari membrane kapiler, dan tetap berada dalam pembuluh darah, maka sifatnya hipertonik, dan dapat menarik cairan dari luar pembuluh darah. Contohnya adalah albumin dan steroid.

IV. 4. Keseimbangan asam basa

Sel-sel tubuh dapat menjalankan fungsinya secara normal apabila terjadi keseimbangan di dalam tubuh manusia, salah satunya karena regulasi konsentrasi ion metaboli bebas $[H^+]$ yang tidak terikat dalam cairan tubuh. Konsentrasi ion metaboli bebas ini sangat berperan dalam keseimbangan asam basa tubuh. Apabila terjadi gangguan keseimbangan asam basa maka secara klinis akan terjadi perubahan pada nilai pH serum yang terdeteksi melalui uji analisa gas darah arteri. Pada manusia yang sehat terdapat beberapa mekanisme untuk mempertahankan nilai pH pada kisaran normal yaitu 7,35-7,45. Keseimbangan asam basa di dalam tubuh dikendalikan oleh 3 mekanisme utama yaitu sistem penyangga (*Buffer System*), etabo pernapasan dengan mengontrol pengeluaran karbondioksida, dan ginjal dalam mengontrol ekskresi H^+ .

Buffer system terdiri atas asam lemah dan garam asam yang berfungsi sebagai basa lemah. *Buffer* bekerja secara cepat dalam perubahan pH dengan mengkonversi asam kuat dan basa menjadi asam lemah dan basa lemah. Sistem penyangga utama di dalam tubuh yaitu protein *buffer system*, *carbonic acid-bicarbonate buffer system*, *posphate buffer systeme*. Sistem penyangga protein banyak ditemukan di cairan intraseluler dan plasma darah contohnya protein

hemoglobin sebagai buffer yang sangat baik dalam sel darah merah, albumin sebagai buffer utama dalam plasma darah. Protein terdiri atas asam amino yang mengandung karboksil $-COOH$ dan setidaknya satu gugus amino. Kelompok karboksi bebas tersebut yang dapat bertindak sebagai asam dengan melepaskan H ketika pH dalam tubuh naik. Hemoglobin menyangga H dari CO_2 hasil metabolisme. CO_2 berdifusi dari jaringan ke darah, kemudian bersama dengan H_2O membentuk H dan HCO_3 di dalam sel darah merah. Sebagian H tersebut akan terikat dengan Hemoglobin dan tereduksi sehingga tidak membuat cairan tubuh menjadi asam. Jika tidak terdapat hemoglobin, darah akan menjadi sangat asam dengan adanya CO_2 yang secara rutin didapatkan dari metabolisme sel di jaringan. Sistem penyangga fosfat terdiri dari garam fosfat basa (Na_2HPO_4) yang dapat menerima H^+ bebas ketika pH meningkat, dan juga terdiri dari garam fosfat (NaH_2PO_4) yang asam yang dapat menyumbangkan H^+ ketika pH turun. Fosfat banyak terdapat di sel, sehingga fosfat lebih berperan pada keseimbangan asam basa di intraseluler.

Sistem pernapasan sangat berperan dalam mengatur keseimbangan asam basa dengan mengontrol ventilasi paru sehingga bisa mengendalikan pengeluaran CO_2 sebagai penghasil asam. Peningkatan pH dalam arteri karena kasus metabolis merangsang pusat pernapasan di batang otak untuk meningkatkan ventilasi paru, sehingga meningkatkan kedalaman dan kecepatan frekuensi napas, sehingga banyak CO_2 yang dikeluarkan. Pengeluaran CO_2 dapat menghilangkan kelebihan asam dalam tubuh. Begitu sebaliknya pada saat pH arteri turun atau cenderung asam, maka ventilasi akan menurun sehingga pernapasan menjadi lebih dangkal dan lambat. Sehingga CO_2 yang berdifusi dari sel ke pembuluh darah lebih cepat dibandingkan yang dari pembuluh darah ke paru. Sehingga peningkatan CO_2 di pembuluh darah meningkatkan asam di darah dan dapat menaikkan pH.

Ginjal dapat membantu mengontrol keseimbangan asam basa melalui tiga mekanisme yaitu ekskresi H^+ , ekskresi HCO_3 , dan sekresi metabol (NH_3). Aktivitas metabolisme dalam tubuh secara terus menerus menambahkan asam ke dalam cairan tubuh. Asam di dalam cairan tubuh tidak boleh menumpuk dan harus dikeluarkan. Paru-paru hanya dapat mengeluarkan H^+ yang dihasilkan oleh CO_2 , sedangkan masih ada H^+ yang dihasilkan dari asam sulfur, fosfat, laktat dan yang lain di ginjal. H^+ disekresi di tubulus proksimal, distal, dan koligenstes bersamaan dengan pengeluaran urine sehingga biasanya urine bersifat asam dengan pH 6,0. Selain itu, ginjal juga memiliki mekanisme untuk mereabsorpsi HCO_3 kembali ke plasma dan dapat berikatan dengan H^+ sehingga dapat mengurangi keasaman.

IV. 5. Gangguan keseimbangan asam basa

Derajat keasamaan atau pH dalam darah arteri memiliki nilai normal 7,35 atau 7,45. Apabila kurang dari 7,35 berarti kondisinya kelebihan asam di dalam tubuh atau disebut asidosis. Sedangkan apabila nilai pH lebih dari 7,45 maka kondisinya kelebihan basa di dalam tubuh atau disebut alkalosis. Jika pH darah turun dibawah 7 maka depresi sistem saraf sehingga bisa menyebabkan disorientasi, koma, dan bahkan kematian. Penderita dengan asidosis berat biasanya mati dalam keadaan koma. Sedangkan apabila kondisinya alkalosis dapat menyebabkan gangguan pada sistem saraf pusat maupun sistem saraf tepi. Neuron dapat melakukan impuls berulang bahkan tanpa rangsangan sekalipun, sehingga dapat menyebabkan kejang dan kematian.

Perubahan pH darah yang mengarah ke asidosis maupun alkalosis dikompensasi oleh tubuh melalui respon fisiologis untuk menormalkan pH darah. Kompensasi dikatakan lengkap jika pH darah dapat kembali normal dan kompensasi dikatakan sebagian jika pH darah sistemik masih dibawah 7,35 atau di atas 7,45. Jika perubahan pH yang disebabkan karena metabolik, kemudian dengan hipovekilasi

atau hiperventilasi dapat mengembalikan pH ke nilai normal maka ini merupakan bagian dari kompensasi pernapasan, dapat pulih dalam beberapa menit dan maksimum dalam beberapa jam. Sedangkan apabila pH darah mengalami ketidakseimbangan karena gangguan pernapasan, maka kompensasi oleh ginjal dengan melakukan sekresi H atau reabsorpsi HCO_3 oleh tubulus ginjal dalam beberapa menit dan mencapai maksimum dalam beberapa hari.

Komponen lain yang perlu dilihat selain pH adalah nilai PCO_2 yang memiliki nilai normal 35-45 mmHg, dan nilai HCO_3 yang memiliki nilai normal 22-26 mEq/liter. Apabila terjadi perubahan dalam tekanan parsial karbondioksida (PCO_2) dalam darah sistemik maka terjadi gangguan yang disebut asidosis respiratorik dan alkalosis respiratorik. Sedangkan apabila terjadi gangguan akibat perubahan konsentrasi HCO_3 adalah gangguan asidosis metabolik dan alkalosis metabolik.

Asidosis respiratorik terjadi ketika pH turun dibawah 7,35 dan PCO_2 naik di atas 45 mmHg. Kondisi ini disebabkan karena adanya gangguan difusi CO_2 dari darah ke paru-paru sehingga CO_2 , H_2CO_3 dan H menumpuk. Kompensasi yang akan dilakukan yaitu ginjal mengekresikan H dan reabsorpsi HCO_3 . Apabila kompensasi ginjal tidak mampu membawa pH ke nilai normal maka diperlukan perawatan untuk meningkatkan ventilasi serta tambahan terapi intravena HCO_3 . Sedangkan alkalosis respiratorik terjadi ketika pH naik di atas 7,35 dan PCO_2 turun di bawah 35 mmHg.

Asidosis metabolik terjadi ketika pH turun di bawah 7,35 dan HCO_3 turun di bawah 22 mEq/liter, sedangkan alkalosis metabolik terjadi ketika pH naik di atas 7,45 dan HCO_3 naik di atas 26mEq/liter. Apabila kondisi tidak terlalu parah maka tubuh dapat mengkompensasi dengan hiperventilasi yang akan membawa pH dalam kondisi normal (kompensasi pernapasan), akan tetapi kalau gagal maka perlu koreksi dengan pemberian natrium bikarbonat melalui intravena dan mengoreksi penyebab asidosis. Sedangkan alkalosis respiratorik akan terkompensasi dengan pernapasan melalui hipoventilasi yang

dapat membuat pH darah kembali normal. Akan tetapi apabila gagal, maka perlu dilakukan koreksi dengan memberikan cairan kalium, clorida atau elektrolit lain yang mengalami defisiensi dan mengoreksi penyebab alkalosis tersebut. Adapun rangkuman kondisi asidosis dan alkalosis dapat dilihat pada tabel 4. 1.

Tabel 4. 1. Gangguan keseimbangan asam basa

Status	pH	PaCO ₂	HCO ₃ ⁻
Asidosis Metabolik			
Belum terkompensasi	turun	normal	turun
Terkompensasi sebagian	turun	turun	turun
Terkompensasi penuh	normal	turun	turun
Alkalosis Metabolik			
Belum terkompensasi	naik	normal	naik
Terkompensasi sebagian	naik	naik	naik
Terkompensasi penuh	normal	naik	naik
Asidosis Respiratorik			
Belum terkompensasi	turun	naik	normal
Terkompensasi sebagian	turun	naik	naik
Terkompensasi penuh	normal	naik	naik
Alkalosis Respiratorik			
Belum terkompensasi	naik	turun	normal
Terkompensasi sebagian	naik	turun	turun
Terkompensasi penuh	normal	turun	turun
Asidosis metabolik dan respiratorik	turun	naik	turun
Alkalosis metabolik dan respiratorik	naik	turun	naik

DAFTAR PUSTAKA

Linkle, J. H., & Cheever, K. H. (2013). *Brunner & Suddarth's Textbook of Medical-Surgical Nursing*. Amerika Utara: Lippincott Williams & Willkins.

- Sherwood, L. (2016). *Fisiologi Manusia Dari Sel ke Sistem* (8 ed.). (H. O. Ong, A. A. Mahode, & D. Ramadhani, Eds.) Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2012). *Principles of Anatomy and Physiology*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Waugh, A., & Grant, A. (2010). *Anatomy and Physiology* (11 ed.). Churchill Livingstone: Elsevier.

Latihan soal

1. Apakah komponen terbesar dalam tubuh pada body fluid compartment?
 - A. Cairan Intraseluler
 - B. Cairan ekstraseluler
 - C. Cairan intravaskuler
 - D. Elektrolit
 - E. Zat terlarut

2. Bagaimana perpindahan cairan dari ruang intertitial ke intravaskuler di ujung vena dari kapiler dapat terjadi?
 - A. Karena tekanan osmotik koloid melebihi tekanan hidrostatik
 - B. Karena tekanan hidrostatik lebih besar dari tekanan koloid
 - C. Secara langsung melewati lapisan bilayer membran sel
 - D. Melewati protein channel
 - E. Melalui proses difusi dengan protein carier

3. Pada kondisi normal, Dari manakah air tubuh paling banyak yang akan dikeluarkan oleh tubuh?
 - A. Ginjal
 - B. Kulit
 - C. Paru
 - D. Gastrointestinal
 - E. Reproduksi

4. Apakah yang berperan untuk pengaturan kadar HCO_3 supaya tercapai keseimbangan asam basa tubuh?
 - A. Renal tubular regulation
 - B. Pulmonary regulation
 - C. Integumen regulation
 - D. Gastrointestinal regulation
 - E. Evaporation regulation

5. Apakah elektrolit yang dominan di intrasel dan berperan untuk mempertahankan membran potensial dalam kondisi istirahat dan fase repolarisasi
 - A. Potassium
 - B. Sodium
 - C. Natrium
 - D. Calsium
 - E. Chlorida

6. Apakah cairan tambahan yang bisa diberikan untuk mengatasi dehidrasi sel supaya cairan dapat berpindah dari vaskuler ke intrasel?
 - A. Hipotonik
 - B. Hipertonik
 - C. Isotonik
 - D. Kristaloid
 - E. Koloid

7. Apakah cairan yang dibutuhkan untuk mengatasi kekurangan cairan tubuh pada kondisi hipovolemi yang memiliki tekanan osmotik sama dengan plasma?
 - A. NaCl 0,9 %
 - B. NaCl 0,2 %
 - C. NaCl 0,45 %
 - D. Dextrose 2,5 %
 - E. Albumin 25

8. Apakah anion yang paling dominan pada cairan ekstraseluler?
 - A. Chloride
 - B. Potassium
 - C. Magnesium

- D. Natrium
 - E. Calcium
9. Seorang perawat sedang melakukan pemeriksaan eletrolit darah. Hasil pemeriksaan didapatkan nilai kalium pasien tersebut normal. Berapakah nilai normal yang akan ditemukan pada pasien tersebut?
- A. 4,2
 - B. 138
 - C. 98
 - D. 2,4
 - E. 1,3
10. Seorang perawat sedang menganalisa hasil pemeriksaan darah arteri, Manakah hasil berikut yang termasuk dalam nilai normal keseimbangan asam basa?
- A. pH : 7.4 ; PaCO₂ : 40 ; HCO₃ : 25
 - B. pH : 7.3 ; PaCO₂ : 20 ; HCO₃ : 35
 - C. pH : 7.25 ; PaCO₂ : 25 ; HCO₃ : 30
 - D. pH : 7.45 ; PaCO₂ : 20 ; HCO₃ : 35
 - E. pH : 7.20 ; PaCO₂ : 25 ; HCO₃ : 40

BAB V

Sistem Saraf

Oleh: Nurvita Risdiana, S. Kep., Ns., M. Sc.

Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa mampu memahami tentang anatomi sel saraf
2. Mahasiswa mampu memahami tentang perkembangan sel saraf
3. Mahasiswa mampu memahami tentang mekanisme penjalaran impuls dan potensial aksi saraf
4. Mahasiswa mampu memahami tentang system saraf pusat dan perifer
5. Mahasiswa mampu memahami tentang sinaps dan neurotransmitter

V. 1. Overview sistem saraf

Sistem saraf merupakan salah satu bagian system dari berbagai system tubuh kita. Jaringan saraf bekerja untuk mempertahankan homeostasis dengan cara mengontrol kondisi tubuh untuk mempertahankan kelangsungan hidup. Sistem saraf bersifat *excitable* (dapat dirangsang). Sifat tersebut merupakan salah satu karakter dari system saraf yang berfungsi untuk menyampaikan impuls, berkomunikasi dan meregulasi sebagian besar jaringan dan struktur didalam tubuh. Sistem saraf bekerja sama dengan system endokrin untuk mempertahankan homeostasis. Selain mempertahankan homeostasis system saraf juga berperan dalam persepsi, perilaku, memori dan menginisiasi semua aktifitas pergerakan.

Sistem saraf dan endokrin biasanya akan bekerja bersama-sama, namun meskipun mereka bekerja secara bersama-sama masing-masing system mempunyai karakteristik yang berbeda. Sistem saraf bekerja dengan cara meningkatkan potensial aksi dan bekerja dengan cepat, sedangkan system endokrin bekerja dengan cara melepaskan hormone dan bekerja dengan lambat. Selanjutnya akan kita pelajari mengenai struktur system saraf, fungsi system saraf dan subdivisi system saraf:

1. Struktur Sistem Saraf

Sistem saraf merupakan suatu system yang terkecil dan paling kompleks baik struktur dan fungsinya didalam tubuh kita dibandingkan dengan system tubuh yang lain. Sistem saraf memiliki berat sekitar 2 kilogram yaitu sekitar 3% dari *Total Body Weight* (TBW). Sistem saraf tersusun atas jutaan neuron dan neuroglia. Jadi yang disebut dengan neuron adalah sel saraf itu sendiri sedangkan system saraf merupakan kumpulan dari neuron atau sel saraf. Selain neuron dan neuroglia juga terdapat sinaps yang menghubungkan antar neuron satu dengan yang lain, neuron ke pusat serta ke anggota tubuh yang satu dengan yang lain. Neuron tersebut dapat berkerja dengan cara merangsang ataupun menghambat. Ukuran dan bentuk neuron bervariasi antara satu dengan yang lain sesuai dengan lokasi dan fungsi masing-masing neuron.

2. Fungsi Sistem Saraf

Secara garis besar, system saraf mempunyai 3 fungsi utama, yaitu fungsi sensori, integrasi dan motoric sebagai berikut:

a Fungsi Sensori

Fungsi sensori system saraf dengan menerima data baik melalui neuron, glia maupun sinaps. Sensori tersebut dapat diterima sebagai stimulus internal maupun stimulus eksternal. Sebagai contoh stimulus internal adalah ketika darah mengalami peningkatan asam maka reseptor sensori akan

menerima pesan tersebut dan dikirimkan ke otak. Sedangkan contoh stimulus eksternal adalah ketika tangan memegang duri maka tangan akan merasakan ketajaman duri tersebut.

b Fungsi integrasi

Saraf sebagai fungsi integrasi adalah mengintegrasikan semua sensori berupa input yang diterima. Semua input yang diterima akan diproses ke otak. Didalam otak akan terjadi proses integrasi dengan cara menganalisa dan menyimpan segala input sensori yang kemudian otak tersebut akan memutuskan terhadap respon yang diterima. Respon tersebut akan dikirimkan ke fungsi motoric melalui otak dan spinal cord. Fungsi integrasi juga bisa disebut sebagai fungsi persepsi.

c Fungsi motoric

Fungsi motoric akan terjadi setelah fungsi integrasi telah dilakukan. Setelah otak menerima respon sensori dan memutuskan terhadap respon yang diterima maka akan terjadi fungsi motoric di otot ataupun di kelenjar melalui otak dan spinal cord. Otot dan kelenjar tersebut disebut sebagai motor output/efektor. Stimulasi efektor akan menyebabkan otot berkontraksi dan kelenjar mensekresi.

3. Subdivisi Sistem Saraf

Sistem saraf terbagi menjadi 2 subdivisi, yaitu Sistem Saraf Pusat dan Sistem Saraf Perifer

a Sistem Saraf Pusat

Sistem Saraf Pusat terdiri atas *brain* (otak) dan *spinal cord*. *Brain* merupakan "*control center*" atau pusat pengaturan utama. Otak merupakan bagian dari Sistem Saraf Pusat yang berlokasi di tengkorak dan terdiri atas 10^{11} neuron. Sedangkan spinal cord berkorelasi langsung dengan otak melalui foramen magnum dari os. Occipital dan dikelilingi oleh tulang dari columna vertebrae. Spinal Cord terdiri atas

100 juta neuron.

b) Sistem Saraf Perifer

Sistem Saraf Perifer merupakan system saraf yang berada diluar System Saraf Pusat. Yang merupakan bagian dari Sistem Saraf Perifer adalah sebagai berikut:

- a) Nerves (saraf) adalah gabungan ratusan sampai dengan ribuan axon yang berhubungan dengan jaringan konektivus dan pembuluh darah yang berada diluar otak dan spinal cord yang terbagi menjadi: 12 pasang saraf kranial yang berada di otak dan 31 pasang saraf kranial yang berada di spinal cord.
- b) Ganglia adalah kumpulan badan sel saraf yang membentuk system saraf dan berada diluar system saraf pusat.
- c) Enteric Plexus adalah jaringan saraf yang berada didinding system Gastrointestinal. Saraf ini akan meregulasi system digesti.
- d) Reseptor sensori adalah reseptor yang memonitor perubahan lingkungan internal ataupun eksternal.

Sistem saraf Perifer terbagi menjadi Sistem saraf somatic dan system saraf otonom yang akan didiskusikan di BAB selanjutnya.

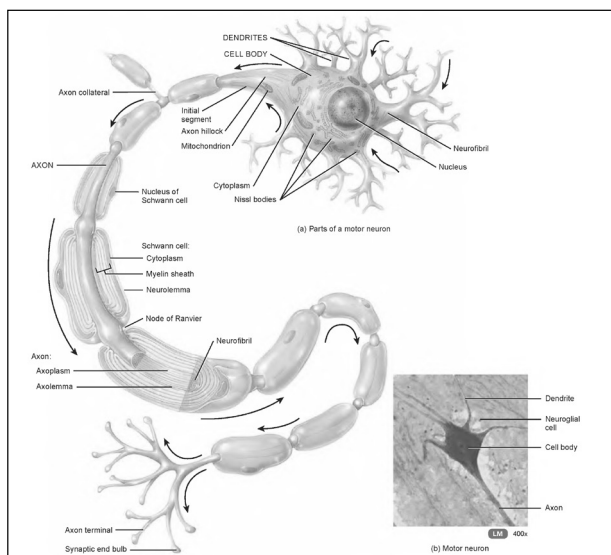
V. 2. Anatomi sistem saraf

Jaringan saraf terdiri atas 2 tipe yaitu neuron dan neuroglia. Neuron yaitu sel saraf itu sendiri merupakan sel yang melakukan proses rangsangan (*electrical excitability*), mempunyai kemampuan untuk berespon terhadap stimulus dan merubahnya menjadi potensial aksi. Potensial aksi akan terjadi jika ada stimulus. Jadi stimulus merupakan suatu hal yang bisa menyebabkan perubahan kondisi lingkungan sehingga akan cukup kuat untuk menginisiasi potensial aksi. Potensial aksi merupakan sinyal elektrik yang mempropaganda disepanjang permukaan membrane neuron. Potensial aksi yang akan

menyebabkan aksi dari system saraf tergantung dari organ manakah yang dirangsang, bisa otot ataupun kelenjar.

Sedangkan neuroglia bukan termasuk saraf namun merupakan bagian yang mensupport neuron, memberikan nutrisi memelihara, melindungi neuron dan mempertahankan homeostasis dalam cairan interstitial yang mengeningnya.

Neuron



Gambar 5. 1. Neuron (Tortora & Derickson, 2009)

Berikut adalah bagian-bagian neuron:

1. Badan sel (Soma sel)

Badan sel saraf merupakan bagian inti dari neuron karena didalam badan sel saraf terdapat nucleus yang dikelilingi sitoplasma. Selain itu didalam badan sel juga terdapat berbagai organela seluler antara lain: nucleus, sitoplasma, lisosom, mitokondria, ribosom, kompleks golgi, reticulum endoplasma kasar.

2. Dendrit

Dendrit pada sel saraf berbentuk seperti pohon. Karena bentuknya seperti pohon maka sesuai dengan fungsinya yaitu menerima input.

3. Axon

Axon merupakan bagian akhir dari sel saraf. Axon berfungsi menyampaikan pesan dari satu neuron ke neuron yang lain. Pada axon terdapat bagian yang disebut dengan initial segment. Pada sebagian besar neuron, impuls saraf akan berkumpul pada axon hillock dan initial segment pada area yang disebut trigger zone. Trigger zone inilah yang akan menyebabkan impuls akan berjalan disepanjang axon. Pada ujung terminal axon terdapat tempat untuk komunikasi antar neuron atau antara dua neuron yang disebut sinaps.

Selain itu, berikut adalah klasifikasi neuron. Secara struktur neuron diklasifikasikan berdasarkan jumlah dan seberapa panjang sel body sebagai berikut:

1. Neuron Multipolar

Disebut neuron multipolar karena mempunyai beberapa dendrit dengan satu akson. Neuron multipolar terdapat pada otak dan spinal cord.

2. Neuron bipolar

Neuron bipolar mempunyai 1 dendrit utama dengan 1 akson. Neuron bipolar terdapat pada retina, telinga dalam dan olfaktori.

3. Neuron Unipolar

Neuron unipolar mempunyai beberapa dendrit dan 1 akson. Neuron unipolar berfungsi untuk suatu proses yang berkelanjutan. Neuron unipolar juga disebut pseudounipolar. Dendrit dari sebagian besar neuron unipolar berfungsi sebagai reseptor sensori seperti sentuhan, tekanan, nyeri atau suhu.

Neuron juga diklasifikasikan secara fungsional yaitu diklasifikasikan berdasarkan arah impuls dan dihubungkan dengan Sistem Saraf Pusat. Klasifikasi secara fungsional adalah sebagai berikut:

1. Neuron aferen/sensori

Pada neuron aferen, potensial aksi akan mencapai akson dan akan diteruskan ke Sistem saraf Pusat melalui saraf kranial atau spinal. Sebagian besar neuron aferen/sensori merupakan neuron unipolar

2. Neuron eferen/motoric

Neuron eferen/motoric akan menyalurkan potensial aksi dari Sistem saraf Pusat ke efektor yaitu otot atau kelenjar melalui saraf kranial atau spinal. Yang termasuk dalam neuron motoric adalah neuron multipolar

3. Neuron asosiasi/interneuron

Neuron asosiasi berada diantara neuron aferen dan eferen. Interneuron mengintegrasikan sensori yang masuk dari neuron sensori dan kemudian memperoleh respon dengan cara mengaktifasi motor neuron. Sebagian besar neuron asosiasi adalah neuron dengan struktur unipolar.

Neuroglia

Neuroglia membentuk sekitar setengah dari volume Sistem saraf Pusat. Secara umum, neuroglia memiliki ukuran yang lebih kecil dari neuron namun memiliki jumlah 5 sampai 25 kali lebih banyak dibandingkan neuron. Berlawanan dengan neuron, neuroglia tidak dapat mengalami potensial aksi, neuroglia dapat membelah diri untuk memenuhi ruangan Sistem saraf Pusat. Neuroglia memiliki 6 tipe yaitu: astrocyte, oligodendrocyte, microglia dan ependymal sel yang ditemukan di Sistem Saraf Pusat, sedangkan 2 tipe yang lain yaitu sel schwan dan sel satelit berada di Sistem saraf Perifer. Dua tipe neuroglia yang memproduksi myelin adalah Sel Scwan (di Sistem saraf Perifer) dan Oligodendrocyte (di Sistem Saraf Pusat).

Myelin yaitu lapisan berupa lipid dan protein yang menyelubungi akson. Akson yang dilapisi oleh myelin disebut sebagai akson bermielin sedangkan yang tidak diselubungi oleh myelin disebut sebagai akson tidak bermielin. Myelin pada akson berfungsi untuk meningkatkan kecepatan konduksi saraf. Sel Schwann mulai membentuk myelin sejak perkembangan bayi. Jumlah myelin akan semakin bertambah seiring dengan perkembangan usia. Semakin meningkatnya jumlah myelin akan meningkatkan konduksi impuls. Oleh karena itu pada bayi ataupun anak-anak koordinasi motoric masih belum sempurna. Semakin usia bertambah maka myelin akan bertambah dan koordinasi akan semakin baik.

V. 3. Fisiologi sel saraf

Fungsi sel saraf adalah menjalankan impuls untuk menyampaikan informasi. Jadi dalam hal ini fungsi sel saraf adalah sebagai penyampaian sinyal elektrik. Neuron bersifat *electrically excitable* sehingga cara berkomunikasi neuron adalah dengan menggunakan sinyal elektrik yang terdiri atas 2 tipe sinyal yaitu graded potential dan potensial aksi. Terdapat perbedaan antara graded potential dan potensial aksi yang terdapat pada table 1.

Tabel 5. 1. Perbedaan graded potential dengan potensial aksi

	Graded Potential	Potensial Aksi
Berdasarkan stimulus	Dapat depolarisasi atau hiperpolarisasi	Potensial aksi selalu diawali oleh depolarisasi
Amplitudo	Amplitudo yang digunakan sebanding dengan kekuatan stimulus	Amplitudo yang digunakan adalah menggunakan prinsip <i>All or none mechanism</i>
	Amplitudo kecil	Amplitudo besar mencapai 100 mV

	Graded Potential	Potensial Aksi
Durasi	Beberapa milidetik sampai dengan beberapa detik	Relatif pendek yaitu 3-5 mdetik
Potensial aksi	Bisa dijumlahkan	Konstan
Kanal ion	Kanal ion gerbang ligand	Kanal ion gerbang voltage Na^+ dan K^+ (untuk potensial aksi saraf)
Ion	Ion yang terlibat Na^+ , K^+ dan Cl^-	Ion yang terlibat Na^+ dan K^+ untuk potensial aksi
Periode refrakter	Tidak ada	Ada
Sumasi	Graded potential dapat dijumlahkan (sumasi temporal dan spasial)	Potensial aksi tidak dapat dijumlahkan karena menggunakan prinsip <i>all or none mechanism</i> dan adanya periode refrakter
Rangsangan	Disebabkan karena rangsangan eksternal (neuron sensori) atau neurotransmitter yang dilepaskan oleh di sinaps, dimana dihasilkan graded potential di sel post-sinaptik	Potensial aksi terjadi karena depolarisasi membrane istirahat yang mencapai nilai ambang

Potensial membran istirahat

Potensial membran istirahat terjadi karena ion yang berada di sitosol (intraseluler) lebih negative dibandingkan dengan ion yang ada di ekstraseluler. Hal tersebut disebabkan karena beberapa faktor, yaitu:

1. Distribusi ion antara cairan ekstraseluler dan sitosol tidak sama. Ion Na^+ dan Cl^- lebih banyak berada di ekstraseluler sedangkan ion K^+ lebih banyak berada di sitosol.

2. Ketidakmampuan sebagian besar anion untuk meninggalkan sel.
3. Sifat elektrogenik Na^+ dan K^+ ATP ase. Permeabilitas membrane terhadap Na^+ sangat rendah karena membrane hanya mempunyai beberapa gerbang ligan untuk Na^+ .

Pembangkitan Potensial Aksi

Potensial aksi mempunyai 2 fase utama yaitu depolarisasi dan repolarisasi. Pada saat depolarisasi membrane potensial yang negative menjadi semakin negative mencapai nol dan kemudian menjadi positif. Pada saat repolarisasi potensial membrane menjadi negative kembali mencapai -70 mV. Pada saat depolarisasi sehingga terjadi potensial aksi adalah pada amplitude atau nilai ambang (*threshold*) -55 mV. Setiap neuron mempunyai nilai ambang yang berbeda-beda untuk mencapai potensial aksi, namun nilai ambang di beberapa neuron relative konstan. Apabila nilai ambang tidak tercapai atau hanya mencapai *sub threshold* maka potensial aksi tidak akan terjadi.

Periode refrakter

Periode refrakter adalah suatu periode ketika potensial aksi terjadi disepanjang sel dan tidak dapat dirangsang lagi meskipun dengan nilai ambang normal.

Penyebaran Potensial Aksi

Supaya informasi dapat diteruskan sampai ke tujuannya, maka potensial aksi harus dipertahankan disepanjang sel. Konduksi tersebut disebut sebagai penyebaran potensial aksi. Pada system saraf terdapat 2 tipe penyebaran, yaitu *continuous conduction* dan *saltatory conduction*. *Continuous conduction* akan menjalankan impuls dengan jarak yang jauh disepanjang membrane potensial. Sedangkan *saltatory conduction* akan terjadi disepanjang sel saraf yang bermyelin dengan cara lompatan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan penyebaran potensial aksi

Faktor yang mempengaruhi kecepatan potensial aksi adalah sebagai berikut:

1. Jumlah Myelin

Potensial aksi akan menyebar secara cepat disepanjang akson yang bermyelin dibandingkan dengan akson yang tidak bermyelin.

2. Diameter axon

Penyebaran potensial aksi akan lebih cepat pada akson dengan diameter yang lebih lebar daripada yang kecil karena pada akson dengan diameter yang lebar permukaannya menjadi lebih luas.

3. Temperatur

Penjalaran potensial aksi akan lebih lambat pada temperature yang lebih rendah.

V. 4. Transmisi sinyal di sinaps

Sinaps adalah daerah untuk komunikasi antara dua neuron atau antar neuron dan sel efektor (otot atau kelenjar). Neuron presinaptik adalah saraf yang membawa impuls saraf ke sinaps, artinya adalah sel tersebut mengirimirkan sinyal. Sedangkan yang dimaksud dengan neuron post sinaptik adalah saraf yang menerima sinyal, artinya sel tersebut membawa impuls saraf ke sel efektor untuk berespon terhadap rangsangan. Sinaps terdiri atas beberapa macam antara lain: aksodendritik (dari akson ke dendrit), aksosomatik (dari akson ke badan sel) dan aksoasonik (dari akson ke akson). Secara fungsional sinaps dapat bersifat elektik ataupun kimia tergantung dari struktur dan fungsinya.

Sinaps elektrik

Pada sinaps elektrik potensial aksi akan menyebar langsung natara membrane plasma dengan neuron yang berdekatan melalui gap junction. Setiap gap junction mempunyai tubular connection

yang akan berfungsi seperti lorong untuk menghubungkan sitosol antara dua sel secara langsung. Ion akan mengalir dari satu sel ke sel yang lain melalui penghubung tersebut. Gap junction terdapat pada otot visceral, otot jantung, embrio dan otak. Sinaps elektrik memiliki beberapa keuntang antara lain sebagai berikut:

1. Mempercepat komunikasi

Potensial aksi terjadi langsung melalui gap junction sehingga sinaps elektrik akan lebih cepat dibandingkan dengan sinaps kimia. Pada sinaps elektrik, potensial aksi akan disampaikan langsung dari sel presinaptik ke sel post sinaptik. Pada sinaps kimiawi akan membutuhkan beberapa waktu dan akan sedikit lambat untuk penyampaian pesannya.

2. Sinkronisasi (koordinasi)

Sinaps elektrik dapat melakukan koordinasi aktifitas kelompok neuron. Jadi dalam sinaps elektrik dapat melakukan koordinasi potensial aksi di jantung untuk menghasilkan denyut nadi, di system gastrointestinal dapat menggerakkan otot polos.

Sinaps kimia

Membran plasma antara neuron presinaptik dan postsinaptik pada sinaps kimia memiliki jarak yang relative dekat, namun tidak bersentuhan karena dipisahkan oleh celah sinaptik. Yang berjarak antara 20-50 nm yang dipenuhi oleh cairan interstitial. Impuls saraf tidak dapat melewati celah sinaptik sehingga alternatifnya adalah komunikasi tidak langsung. Ketika terjadi penjalaran impuls, neuron presinaptik akan melepaskan neurotransmitter secara difusi melalui cairan interstitial yang berada diantara celah sinaptik sehingga berikatan dengan reseptor yang berada pada membrane post sinaptik. Post sinaptik akan menerima sinyal kimia dan menghasilkan potensial postsinaptik yang merupakan graded potential. Sehingga neuron presinaptik akan merubah sinyal elektrik menjadi sinyal kimia (dengan melepaskan neurotransmitter). Neuron postsinaptik menerima sinyal

kimia dan pada akhirnya akan menghasilkan sinyal listrik (potensial post sinaptik). Waktu yang diperlukan untuk memproses sinaps kimia tertunda sekitar 0,5 mdetik. Oleh karena itu sinaps kimia menyampaikan sinyal lebih lambat dibandingkan dengan sinyal elektrik.

Eksitatory dan inhibitory potensial post sinaptik

Neurotransmitter dapat merangsang (*excitatory*) maupun menghambat (*inhibitory*). Apabila neurotransmitter dapat menyebabkan depolarisasi membran post sinaptik maka disebut *excitatory* karena dapat menyebabkan membrane mencapai nilai ambang. Terjadinya depolarisasi potensial post sinaptik disebut sebagai *excitatory postsynaptic potential* (EPSP). Neurotransmitter dapat menyebabkan hiperpolarisasi pada membrane post sinaptik disebut sebagai *inhibitory*. Pada saat hiperpolarisasi penyebaran potensial aksi menjadi lebih sulit karena membran potensial yang ada didalam sel lebih negative dan jauh dari nilai ambang seperti pada saat membrane istirahat. Hiperpolarisasi pada potensial postsinaptik disebut sebagai *inhibitory postsynaptic potential* (IPSP).

Struktur reseptor neurotransmitter

Neurotransmitter akan dilepaskan dari neuron presinaptik untuk berikatan dengan reseptor neurotransmitter di membrane plasma neuron post sinaptik. Setiap neurotransmitter memiliki satu atau lebih neurotransmitter *binding site*. Ketika neurotransmitter berikatan dengan reseptor neurotransmitter yang dimaksud maka kanal ion akan terbuka dan terjadi potensial post sinaptik (EPSP atau IPSP). Reseptor neurotransmitter diklasifikasikan menjadi reseptor ionotropik dan metabotropic.

1. Reseptor ionotropik

Tipe neurotransmitter yang terdiri atas neurotransmitter *binding site* dan kanal ion karena mempunyai komponen protein

yang sama. Ketika tidak ada neurotransmitter di ligand, maka reseptor kanal ion akan tertutup. Namun, jika ada neurotransmitter di ligand maka kanal ion akan terbuka sehingga terjadi EPSP atau IPSP pada sel postsinaptik.

Beberapa neurotransmitter excitatory yang berikatan dengan reseptor ionotropik terdiri atas kanal kation (Na^+ , K^+ dan Ca^{2+}). Sehingga ketika kanal ion terbuka, maka kation tersebut akan melewati membrane post sinaptik sehingga terjadi depolarisasi.

Neurotransmitter inhibitory yang berikatan dengan reseptor ionotropik terdiri atas kanal klorida. IPSP terjadi sebagai akibat terbukanya kanal Cl^- . Masuknya Cl^- ke dalam sel postsinaptik menyebabkan didalam sel menjadi lebih negative (hiperpolarisasi).

2. Reseptor metabotropik

Tipe neurotransmitter yang terdiri atas neurotransmitter binding site namun sedikit kanal ion. Sebagai gantinya adalah ada membrane protein yang disebut protein G. Pada saat neurotransmitter berikatan dengan reseptor metabotropik, maka protein G akan membuka atau menutup secara langsung atau akan berperan sebagai *second messenger* di sitosol yang akan membuka atau menutup kanal ion.

V. 5. Neurotransmitter

Sebagian besar neurotransmitter adalah hormone yang dilepaskan ke pembuluh darah oleh kelenjar endokrin. Neurotransmitter dibagi menjadi *Small-molecul neurotransmitter* dan *neuropeptide*.

1. *Small-molecul neurotransmitter*

Yang termasuk dalam *small-molecul neurotransmitter* adalah asetilkolin, asam amino, biogenic amin, ATP dan purin, nitric oxide dan karbonmonoksida.

2. Neuropeptida

DAFTAR PUSTAKA

Tortora & Derickson, 2009. *Principals of Anatomy and Physiology 13th Edition*. John Wiley & Son, Inc.

Latihan Soal

1. Bagian sel dalam tubuh manusia yang berfungsi dalam menghantarkan listrik dan sistem konduksi adalah
 - A. Sel otot polos
 - B. Sel jantung
 - C. Sel otot lurik
 - D. Sel saraf
 - E. Kelenjar endokrin

2. Bagian dari sel saraf sebagai area trigger zone sehingga menyebabkan terjadinya potensial aksi adalah
 - A. Dendrit
 - B. Axon
 - C. Axon hillock
 - D. Soma
 - E. Inti

3. Bagian dari sel saraf yang menerima sinyal untuk diteruskan menuju akson sampai dengan terminal adalah
 - A. Dendrit
 - B. Axon hillock
 - C. Soma
 - D. Axon
 - E. Inti

4. Ion apakah yang menyebabkan terjadinya depolarisasi
 - A. K
 - B. Cl
 - C. Ca
 - D. P
 - E. Na

5. Dalam sel saraf yang menyebabkan impuls dapat terkirim dengan cepat disebabkan terdapatnya
- A. Dendrit
 - B. Sel glia
 - C. Oligodendrosit
 - D. Selubung mielin
 - E. Akson

BAB VI

Sistem Saraf Otonom

Oleh: Nurvita Risdiana, S. Kep., Ns., M. Sc.

Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa memahami tentang pembagian system saraf
2. Mahasiswa memahami tentang karakteristik system saraf otonom
3. Mahasiswa memahami tentang system saraf simpatis
4. Mahasiswa memahami tentang system saraf parasimpatis
5. Mahasiswa memahami tentang saraf enteric
6. Mahasiswa memahami tentang neurotransmitter pada system saraf otonom
7. Mahasiswa memahami efek stimulasi saraf otonom
8. Mahasiswa memahami tentang respon simpatis
9. Mahasiswa memahami tentang respon parasimpatis

VI. 1. Pembagian system saraf

Sistem saraf di tubuh manusia terdiri atas system saraf pusat dan system saraf perifer. Sistem saraf pusat terdiri dari otak (terletak di cavitas kranial) dan spinal cord (terletak di kavitas vertebra) dan berperan dalam kontrol utama di dalam tubuh. Sistem saraf perifer terdiri atas saraf yang berasal dari otak dan spinal cord (12 pasang saraf kranial dan 31 pasang saraf spinal) yang berperan menghubungkan antara system saraf pusat dengan tubuh.

Sistem saraf perifer terbagi menjadi saraf sensori (afere) dan motoric (eferen). Saraf sensori akan mengirimkan impuls saraf dari tubuhn ke system saraf pusat dan ke efektor. Sedangkan saraf motoric

terbagi menjadi system saraf somatic, saraf otonom dan system saraf enterik. Sistem saraf somatic mengatur kontraksi otot skeletal dan bersifat sadar (volunter) sedangkan system saraf otonom mengatur otot polos, otot jantung dan kelenjar secara tidak sadar (involunter). Sistem saraf enteric merupakan suatu saraf khusus yang bekerja pada dinding pembuluh darah system gastrointestinal.

Sistem saraf otonom masih terbagi menjadi dua bagian yaitu saraf simpatis dan parasimpatis. Sistem saraf simpatis akan menstimulasi aktifitas organ (kecuali system digesti) sedangkan saraf parasimpatis akan menghambat aktivitas organ (kecuali system digesti). Jadi system saraf otonom berfungsi untuk menjaga homeostasis dengan cara mengatur aktifitas visceral dengan cara menstimulasi atau menghambat otot polos, otot jantung dan kelenjar. Sistem saraf otonom bekerja sama dengan kelenjar endokrin mengontrol organ internal tubuh.

VI. 2. Karakteristik system saraf otonom

Sistem saraf otonom mempunyai karakteristik sebagai berikut:

1. Menginervasi otot polos, otot jantung dan kelenjar dari organ internal.
2. Bersifat involunter dan dikontrol oleh reflex.
3. Mempunyai 2 rantai saraf yaitu neuron preganglionic dan postganglionic. Sel body pada neuron pertama berada di system saraf pusat, neuron kedua berada di ganglia diluar system saraf pusat (system saraf perifer), dan akson dari neuron kedua adalah neuron postganglionic yang akan menginervasi efektor.
 - a Neuron preganglionic
 - 1) Berasal dari otak atau spinal cord
 - 2) Pada saraf simpatis, neuron preganglionic lebih pendek dibandingkan pada saraf parasimpatis
 - b Neuron postganglionic

- 1) Berasal dari ganglion di luar system saraf pusat
- 2) Pada saraf parasimpatis neuron postganglionic lebih pendek dibandingkan dengan saraf simpatis
4. Terdiri dari 2 divisi yaitu simpatis dan parasimpatis

VI. 3. Sistem saraf simpatis

Sistem saraf simpatik secara umum bersifat menstimulasi organ efektor kecuali organ-organ disistem digesti. Pada saat kondisi emergensi akan muncul reaksi "*Flight or fight*" untuk mempersiapkan diri terhadap situasi tertentu yang mengancam jiwa. Pada system saraf simpatis neuron preganglionic memproduksi asetilkolin yang disebut sebagai serat kolinergik. Sebagian besar neuron postganglionic pada system saraf simpatis akan melepaskan norepinephrin (noradrenalin) yang disebut sebagai serat adrenergic (kecuali pada kelenjar keringan dan pembuluh darah dikulit). Lokasi ganglia berada beberapa cm dari system saraf pusat sepanjang kolumna vertebralis. Serat simpatis berasal dari region thoracolumbal dari spinal cord (T1-L2). Berdasarkan letak dari jalur saraf simpatis maka system saraf simpatis memiliki karakteristik sbb:

1. Neuron preganglionic pendek
2. Neuron postganglionic panjang
3. Neuron postganglionic terdistribusi diseluruh tubuh
4. Neuron postganglionic akan mendistribusikan impuls dari ganglion ke organ yang dituju

Berdasarkan karakteristik tersebut, saraf simpatis akan bereaksi cepat jika ada ancaman dikarenakan neuron preganglionic yang pendek. Hal tersebut bertujuan untuk mekanisme pertahanan diri.

VI. 4. Sistem saraf parasimpatis

Sistem saraf parasimpatis mempunyai karakter yang berbeda dengan saraf simpatis yaitu mempunyai sifat yang berlawanan. Secara

umum saraf parasimpatis akan menghambat organ efektor kecuali pada system digesti. Berikut adalah karakteristik dari system saraf parasimpatis:

1. Semua neuron pre dan postganglionic menghasilkan asetilkolin yang termasuk dalam reseptor kolinergik.
2. Lokasi ganglia berada dekat dengan organ efektor (efektor di organ visceral)
3. Lokasi preganglionic mulai dari system saraf pusat dan region sakralis dari spinal cord ($S_2 - S_4$)
4. Neuron preganglioniknya panjang
5. Neuron postganglionic pendek
6. Neuron postganglionic terbatas pada kepala, dada, abdomen dan pelvis.

VI. 5. Sistem saraf enterik

Sistem gastrointestinal (GI) berada didalam tubuh, namun system tersebut berada dilingkungan external. Sistem GI harus mempertahankan homeostasis dengan cara mengatur respon terhadap perubahan sekelilingnya oleh karena itu system GI mempunyai system saraf tersendiri yang mampu mengatur input, prosesing dan output. Sistem saraf tersebut disebut sebagai system saraf enteric. Sistem saraf tersebut bersifat independen dan dapat mengatur system sendiri, namun dapat juga menerima input dari system saraf pusat.

Sistem saraf enteric mempunyai system saraf khusus dan kompleks ganglia. Mengintegrasikan jaringan saraf dengan dinding system GI, pancreas dan kantung empedu. Sistem saraf enteric memiliki hampir 100 juta neuron yang jumlahnya hampir sama dengan spinal cord sehingga mampu berfungsi sendiri tanpa input dari system saraf pusat. Sistem saraf enteric dan ganglia memiliki neuron sensori yang mampu mengontrol tekanan dinding system GI.

Sistem saraf enteric memiliki dua pleksus yaitu pleksus myenterik dan pleksus submukosal. Pleksus myenterik merupakan pleksus yang terbesar, berada diantara lapisan otot longitudinal dan sirkular yang terbentang dari esophagus sampai anus. Pleksus myenterikus berkomunikasi dengan pleksus yang lebih kecil yaitu pleksus submukosa. Pleksus submukosa berada di dinding usus antara otot sirkular dan mukosa dan terbentang dari abdomen ke anus. Sistem saraf enteric berperan dalam mengatur motilitas usus dan fungsi sekresi dari traktus GI.

VI. 6. Neurotransmitter dan reseptor

Reseptor yang terlibat dalam system saraf otonom adalah reseptor adrenergic dan kolinergik

1. Reseptor adrenergic

Reseptor adrenergic terbagi menjadi reseptor alfa dan beta. Pada umumnya ketika norepinefrin berikatan dengan reseptor alfa maka akan terjadi stimulasi, namun ketika berikatan dengan reseptor beta maka akan terjadi inhibisi. Kedua reseptor tersebut masih terbagi menjadi 2 reseptor yang berbeda yaitu alfa 1 dan 2 serta beta 1 dan 2. Berdasarkan hal tersebut, maka kedua reseptor tersebut memiliki tugas yang berbeda sebagai berikut:

a Reseptor alfa 1

- 1) Merefleksikan mekanisme *flight or fight*
- 2) Menyebabkan konstiksi pembuluh darah (mengontrol tekanan darah)
- 3) Menghambat motilitas usus dengan mengkontraksikan otot spincter dan merelaksasikan jaringan non spincter
- 4) Memobilisasi enegi dengan cara pemecahan glikogen di hati menjadi glukosa

b Reseptor alfa 2

Terletak di membrane presinaptik dan memberikan

kontrol umpan balik sekresi neurotransmitter (menghambat influk Ca^{2+} dan menurunkan pelepasan neurotransmitter)

- c Reseptor beta 1
 - 1) Mempunyai efek di jantung dengan cara meningkatkan heart rate dan kontraksi jantung
 - 2) Menginduksi relaksasi otot di usus
- d Reseptor beta 2
 - 1) Menginduksi bronkodilatasi
 - 2) Menginduksi relaksasi otot polos di usus
 - 3) Menginduksi konversi glikogen menjadi glukosa
 - 4) Menstimulasi sekresi insulin dari pankreas

2. Reseptor kolinergik

Terdiri atas dua reseptor yaitu:

- a Reseptor nikotinik
 - 1) Reseptor nikotinik bersifat *excitatory*/stimulasi
 - 2) Berespon cepat (milidetik)
- b Reseptor muskarinik
 - 1) Reseptor muskarinik dapat *excitatory* atau *inhibitory* tergantung dari target organ
 - 2) Mempunyai beberapa subtype (M_1 , M_2 dan M_3)
 - 3) Menurunkan aktifitas jantung
 - 4) Meningkatkan motilitas di system Gastrointestinal
 - 5) Menyebabkan depolarisasi pada otot polos dan hiperpolarisasi pada otot jantung

VI. 7. Efek stimulasi saraf otonom

1. Kulit

Stimulasi saraf simpatis pada kelenjar apokrin akan menyebabkan sekresi sedangkan stimulasi saraf parasimpatis pada kelenjar ekrin tidak berefek.

2. Mata

a Iris.

Stimulasi saraf simpatis akan menyebabkan dilatasi sedangkan saraf parasimpatis akan menyebabkan konstiksi

b Kelenjar air mata

Stimulasi saraf simpatis akan menyebabkan berkurang atau tidak keluarnya air mata sedangkan stimulasi saraf parasimpatis akan menyebabkan sekresi air mata.

3. Sistem endokrin

Stimulasi saraf simpatis pada korteks adrenal akan menyebabkan sekresi. Stimulasi saraf parasimpatis pada medulla adrenal tidak menimbulkan efek.

4. Sistem digesti

a Kantung empedu

Stimulasi saraf simpatis pada kandung kemih menyebabkan relaksasi kandung kemih, sedangkan stimulasi saraf parasimpatis menyebabkan konstiksi kandung kemih.

b Intestinal

Stimulasi saraf simpatis pada intestinal akan menurunkan peristaltic sedangkan stimulasi saraf parasimpatis akan meningkatkan peristaltik

c Otot polos

Stimulasi saraf simpatis pada otot polos akan menyebabkan relaksasi sedangkan stimulasi saraf parasimpatis akan menyebabkan kontraksi.

d Spincter

Stimulasi saraf simpatis pada spincter akan menyebabkan konstiksi sedangkan stimulasi saraf parasimpatis akan menyebabkan relaksasi.

e Sekresi

Stimulasi saraf simpatis akan meningkatkan sekresi sedangkan stimulasi saraf parasimpatis akan menurunkan sekresi.

f Pankreas

Stimulasi saraf simpatis pada pancreas akan menurunkan aktifitas pancreas sedangkan stimulasi saraf parasimpatis akan meningkatkan aktifitas pancreas.

5. Sistem respirasi

Stimulasi saraf simpatis pada system respirasi akan menyebabkan dilatasi bronkhialus sedangkan stimulasi saraf parasimpatis akan menyebabkan konstiksi bronkhialus.

6. Otot jantung

Stimulasi saraf simpatis pada otot jantung menyebabkan peningkatan denyut nadi sedangkan stimulasi saraf parasimpatis akan menyebabkan penurunan denyut nadi.

7. Pembuluh darah pada kulit

Stimulasi saraf simpatis pada pembuluh darah kulit akan menyebabkan konstiksi sedangkan stimulasi saraf parasimpatis tidak menimbulkan efek

8. Sistem urinari

a Kandung kemih

Stimulasi saraf simpatis pada kandung kemih menyebabkan relaksasi kandung kemih sedangkan stimulasi saraf parasimpatis menyebabkan kontraksi kandung kemih.

b Spincter urin

Stimulasi saraf simpatis pada spincter menyebabkan kontraksi sedangkan stimulasi saraf parasimpatis menyebabkan relaksasi

9. Penis

Stimulasi saraf simpatis pada penis menyebabkan ereksi sedangkan stimulasi saraf parasimpatis menyebabkan ejakulasi

10. Vagina

Stimulasi saraf simpatis pada vagina menyebabkan ereksi klitoris sedangkan stimulasi saraf parasimpatis menyebabkan kontraksi vagina

Didalam tubuh organ akan menerima inervasi dari dua divisi saraf otonom yaitu saraf simpatis dan parasimpatis. Stimulasi atau inhibisi pada sistem saraf otonom bekerja diluar kesadaran. Komunikasi sistem saraf otonom melibatkan hipotalamus dan sistem limbik. Tanpa diperintahkan system saraf otonom akan bekerja dengan sendirinya. Pengaturan sistem saraf simpatis dan parasimpatis harus seimbang. Keseimbangan itu diatur oleh hypothalamus.

VI. 8. Respon simpatis

Respon simpatis akan meningkat pada saat aktifitas fisik ataupun saat stress emosional. Pada saat aktifitas fisik sistem saraf simpatis diaktifkan dengan tujuan untuk mempercepat produksi ATP sehingga memenuhi kebutuhan tubuh. Pada saat stress emosional seperti takut, malu atau marah juga akan menstimulasi simpatis. Penglihatan juga dapat memicu situasi emergency misalnya situasi yang menakutkan akan meningkatkan respon simpatis. Peningkatan respon simpatis dan pelepasan hormone oleh medulla adrenal menimbulkan suatu reaksi yang disebut mekanisme *Flight or fight*. Respon yang terjadi pada saat flight or fight adalah sebagai berikut:

1. Dilatasi pupil
2. Peningkatan Nadi dan kontraksi jantung
3. Peningkatan tekanan darah
4. Dilatasi jalan nafas
5. Pembuluh darah yang mensuplai ginjal mengalami vasokonstriksi sehingga menurunkan aliran darah menuju ke ginjal, akibatnya akan terjadi penurunan produksi urin
6. Penurunan aktifitas system gastrointestinal
7. Terjadi glikogenolisis oleh liver, lipolysis oleh sel adipose
8. Melepaskan glukosa dari liver sehingga terjadi peningkatan glukosa darah
9. Penurunan motilitas dan sekresi atau bahkan berhenti

VI. 9. Respon parasimpatis

Respon parasimpatis mempunyai aktifitas yang berkebalikan dengan mekanisme *flight or fight*. Pada system saraf parasimpatis akan terjadi aktifitas *rest and digest*. Sistem saraf simpatis akan meningkatkan aktifitas kelenjar digesti dan otot polos untuk meningkatkan energy tubuh. Periode ketika tidak *exercise* system saraf parasimpatis akan lebih dominan dibandingkan dengan system saraf simpatis.

DAFTAR PUSTAKA

Tortora & Derickson, 2009. Priincipal of Anatomy and Physiology 13th Edition. John Wiley & Son, Inc.

Latihan soal

1. Berikut ini manakah yang termasuk efektor dari sistem saraf somatik?
 - A. Otot Jantung
 - B. Otot Polos
 - C. Kelenjar endokrin
 - D. Otot skeletal
 - E. Otot pada gastrointestinal

2. Zat kimia apakah dibawah ini yang berperan dalam meningkatkan Heart Rate?
 - A. Norepinefrin
 - B. Acetylcholin
 - C. Dopamine
 - D. Glutamat
 - E. GABA

3. Seorang mahasiswa akan melakukan presentasi didepan kelas. Mahasiswa tersebut merasa mulutnya kering menjelang presentasi. Sistem saraf apakah yang mempengaruhi kelenjar ludah pada mahasiswa tersebut sehingga mulutnya terasa kering?
 - A. Sistem saraf somatik
 - B. Sistem saraf otonom
 - C. Sistem saraf simpatis
 - D. Sistem saraf parasimpatis
 - E. Somatik Motor Neuron

4. Manakah dibawah ini yang sesuai dengan anatomi dari sistem saraf simpatis
 - A. Axon preganglioniknya lebih pendek dibandingkan saraf parasimpatis

- B. Axon preganglioniknya lebih panjang dibandingkan saraf parasimpatis
 - C. Neurotransmiternya adalah Ach
 - D. Post ganglioniknya lebih pendek dibandingkan dengan saraf parasimpatis
 - E. Axon preganglioniknya sama dengan saraf parasimpatis
5. Sistem saraf apakah yang percabangannya terdiri atas toracolumbal?
- A. Sistem saraf somatik
 - B. Sistem saraf otonom
 - C. Sistem saraf simpatis
 - D. Sistem saraf parasimpatis
 - E. Somatik Motor Neuron

BAB VII

Saraf Spinal dan Reflex

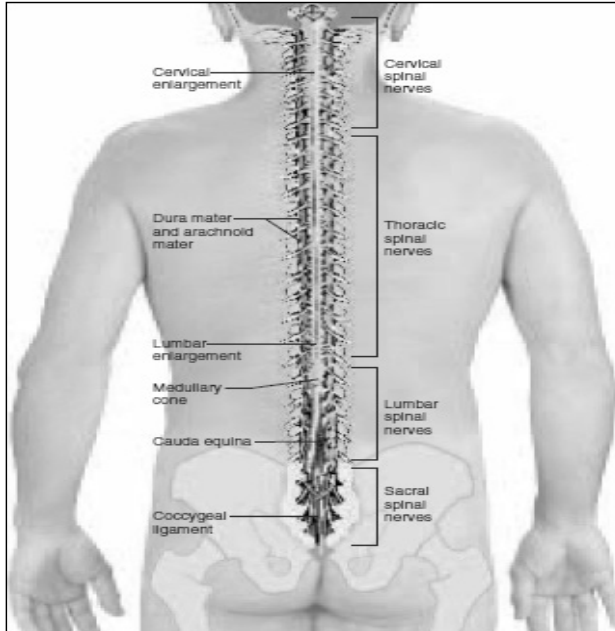
Oleh: Syahruramdani, S. Kep., Ns., MSN., M. Sc

Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa mampu memahami gambaran anatomi dan mikroskopik korda spinal
2. Mahasiswa mampu mengetahui jalur konduksi utama korda spinal dan fungsinya
3. Mahasiswa mampu memahami reflex dan perbedaanya dengan aksi motoric yang lain
4. Mahasiswa mampu memahami komponen umum dalam lengkung reflex (*reflex arc*)
5. Mahasiswa mampu menjelaskan tentang tipe dan fungsi reflex somatik

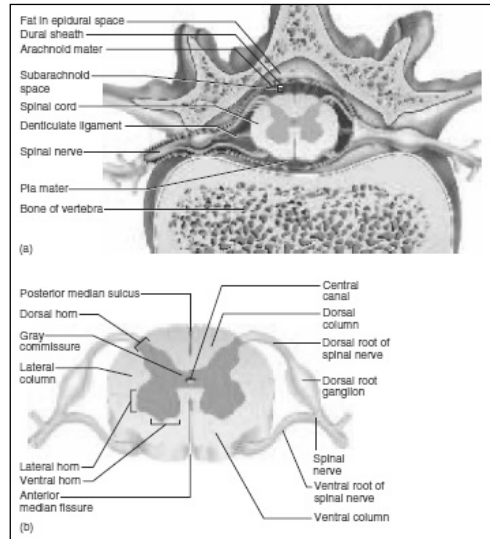
VII. 1. Korda spinal

Korda spinal adalah jaringan saraf berbentuk silinder yang berawal dari *foramen magnum* dan melewati kanal vertebra sepanjang batas inferior dari lumbal vertebra pertama (L1). Pada orang dewasa dengan ukuran panjang 45 cm dan tebal 1,8 cm. Korda spinal terbagi menjadi servikal, torakal, lumbal dan sakral.



Gambar 7. 1. Korda spinal dari sisi dorsal (Saladin, 2003)

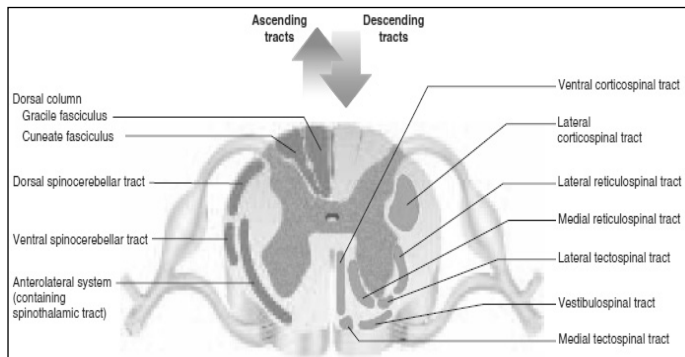
Korda spinal memiliki 3 fungsi utama yaitu konduksi, lokomosi dan refleksi. Korda spinal seperti halnya otak terdiri dari 2 jenis jaringan saraf yang berwarna putih dan abu-abu. Bagian berwarna abu-abu berkaitan dengan warna yang pudar karena mengandung sedikit mielin. Bagian ini mengandung soma, dendrit, dan bagian proksimal dari akson. Bagian putih mengandung akson bermielin yang banyak sehingga terlihat terang. Bagian ini mengandung banyak berkas akson yang membawa sinyal dari sistem saraf pusat yang satu ke yang lain.



Gambar 7.2. Korda spinal thoracic (Saladin, 2003)

VII. 2. Jalur konduksi utama korda spinal dan fungsinya

Pemahaman tentang lokasi dan fungsi traktus spinal penting untuk mendiagnosa dan tata laksana cedera korda spinal. Traktus ascending membawa informasi sensori ke bagian atas korda sedangkan traktus descending mengkonduksi impuls motorik ke bagian bawah.



Gambar 7.3. Traktus ascending dan descending korda spinal (Saladin, 2003)

VII. 3. Refleks dan perbedaannya dengan aksi motorik lain

Refleks adalah reaksi cepat, tidak sadar, dan gerakan tertentu dari kelenjar atau otot terhadap stimulus.

Refleks memiliki 4 karakteristik yaitu cepat, membutuhkan stimulus, tidak sadar, dan gerakannya tertentu.

Secara umum refleks terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Refleks spinal/refleks somatik

Banyak refleks somatik diinisiasi oleh *proprioceptor*, yaitu organ yang memonitor posisi dan pergerakan bagian tubuh.

Contoh: Reaksi tangan yang menghindari dari kompor yang panas dan mengangkat kaki saat menginjak sesuatu yang tajam.

2. Refleks viseral

Contoh: Tekanan darah mengaktifasi barorefleks viseral.

VII. 4. Komponen umum dalam lengkung refleks (reflex arc)

Refleks somatis mengaktifasi lengkung refleks dan melibatkan beberapa komponen yaitu:

1. Reseptor somatik pada kulit
2. Serabut saraf aferen
3. Interneuron
4. Serabut saraf eferen
5. Otot skelet

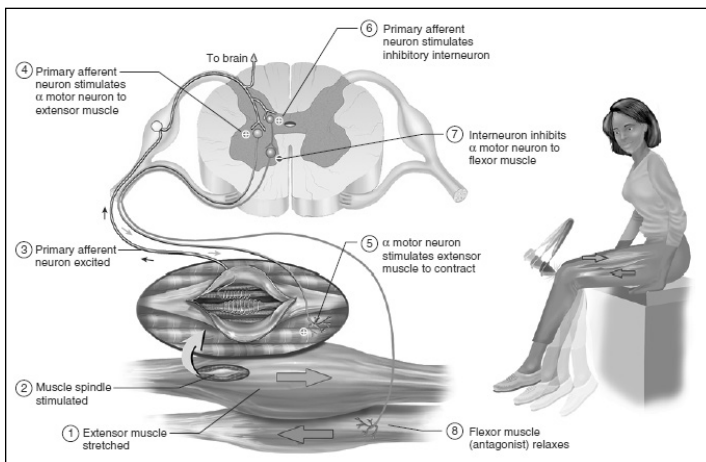
VII. 5. Tipe dan fungsi reflex somatic

1. The stretch reflex (Refleks peregangan)

Kemampuan otot untuk berkontraksi ketika diregangkan. Contohnya, ketika kepala dicondongkan ke depan, akan meregangkan otot seperti semispinalis dan splenius capitis dari nuchal region (bagian belakang leher). Reciprocal inhibition (Penghambatan timbal balik) adalah fenomena refleks yang mencegah otot-otot bekerja melawan satu sama lain.

2. The golgi tendon reflex (Refleks tendon golgi)

Organ tendon golgi adalah proprioceptor yang berlokasi di tendon pada pertemuannya dengan otot. Refleks tendon golgi adalah suatu respon terhadap ketegangan yang berlebihan pada tendon. Refleks tendon golgi juga berfungsi ketika beberapa bagian otot berkontraksi lebih kuat daripada otot yang lain. Contohnya, pada perlakuan pada tendon patella seperti gambar dibawah ini.



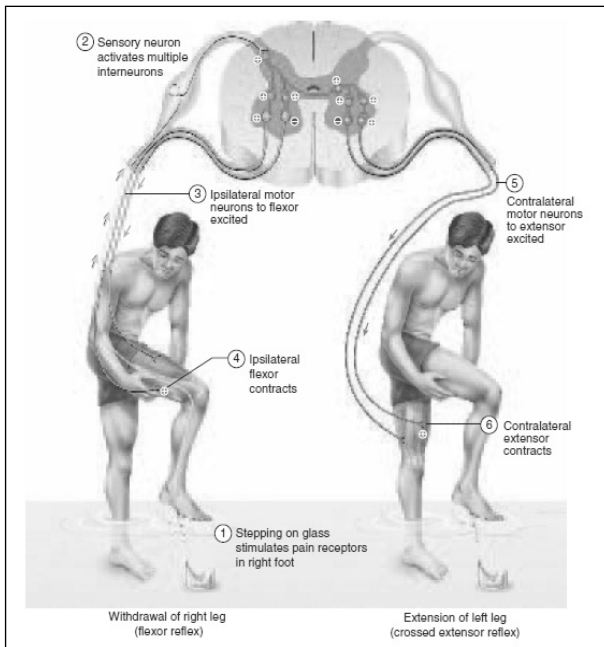
Gambar 7. 4. Refleks tendon patella (Saladin, 2003)

3. The flexor/withdrawal reflex (Refleks fleksor/menarik)

Refleks fleksor adalah kontraksi cepat otot fleksor mengakibatkan penarikan tungkai atau anggota gerak dari stimulus cedera/ perlukaan. Contohnya, saat menyeberangi sungai dan saat melangkah terkena pecahan botol. Fungsi perlindungan dari refleks ini memerlukan gerakan yang cepat seperti reflek tendon, sehingga memerlukan jalur saraf yang lebih kompleks.

4. The crossed extensor reflex (Refleks ekstensi menyilang)

Refleks ekstensi menyilang adalah kontraksi otot ekstensor di anggota gerak yang berlawanan dengan yang mengalami penarikan (withdrawn). Refleks ini memerlukan serabut saraf aferen menyilang dari sisi tubuh menuju sisi contralateral korda spinal. Contohnya, saat salah satu kaki yang terkena pecahan botol melakukan refleks fleksor, maka kaki lain yang digunakan untuk berpijak melakukan refleks ekstensi menyilang.



Gambar 7.5. Refleks fleksor (Kiri) dan refleks ekstensi menyilang (kanan)
(Saladin, 2003)

DAFTAR PUSTAKA

Saladin, K., 2003. *Integration and Control. Anatomy and Physiology: The Unity of Form and Function, 3rd Edition*. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc. Chapter 13, Pages: 481-513.

Tortora, GJ, Derrickson, B., 2012. *Principles of Anatomy & Physiology, 13th Edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc. Chapter 13, Pages: 492-526.

Latihan Soal

1. Seorang pasien laki-laki dibawa ke rumah sakit akibat kecelakaan lalu lintas. Pasien mengalami cedera parah dibagian leher. Bagian korda spinalis manakah yang mengalami kerusakan pada kasus diatas ?
 - A. Servikal
 - B. Torakal
 - C. Lumbal
 - D. Sakral
 - E. Dorsal

2. Apakah jenis refleks yang umumnya terjadi pada manusia?
 - A. Refleks simpatis dan parasimpatis
 - B. Refleks somatis dan viseral
 - C. Refleks somatis dan simpatis
 - D. Refleks somatis dan spinal
 - E. Refleks superfisial dan viseral

3. Seorang mahasiswi keperawatan sedang mempelajari materi tentang korda spinalis. Kemudian ia menemukan jenis jaringan saraf yang berwarna putih. Apakah salah satu penyebab jaringan saraf tersebut berwarna terang?
 - A. Mengalami penuaan
 - B. Mengandung sedikit sel saraf
 - C. Mengandung banyak sel saraf
 - D. Mengandung sedikit mielin
 - E. Mengandung banyak mielin

4. Apakah contoh refleks tendon golgi ?
 - A. Menyentuh benda yang panas
 - B. Menyentuh telapak kaki
 - C. Memukul bagian patella

- D. Menyentuh benda yang dingin
 - E. Memegang benda yang tajam
5. Seorang perawat sedang mencari jurnal terkait penanganan pasien dengan kerusakan saraf. Ia akhirnya menemukan materi tentang traktus spinal. Apakah manfaat bagi perawat mengetahui lokasi dan fungsi traktus spinal ?
- A. Terapi fisik
 - B. Pemberian obat
 - C. Pengkajian cedera
 - D. Tata laksana cedera
 - E. Pertolongan pertama cedera
6. Apakah peran serabut saraf eferen pada lengkung refleks?
- A. Menerima impuls pada saraf otot
 - B. Menerima stimulus pada kulit
 - C. Membawa impuls motor menuju otot
 - D. Membawa impuls sensor meninggalkan otot
 - E. Menghubungkan saraf
7. Seorang pasien perempuan dibawa ke rumah sakit akibat terkena air panas. Ia berkata tidak sempat menghindari air panas yang mengenai lengannya. Apakah refleks yang seharusnya terjadi pada kasus di atas ?
- A. Aferen
 - B. Eferen
 - C. Somatik
 - D. Viseral
 - E. Barorefleks

8. Apakah refleks yang dapat terjadi akibat tekanan darah yang tinggi ?
- A. Refleks fleksor
 - B. Refleks ekstensor
 - C. Refleks viseral
 - D. Refleks somatis
 - E. Refleks tendon
9. Seorang pasien dibawa ke rumah sakit akibat menginjak pecahan botol kaca. Telapak kaki kirinya nampak berdarah meskipun ia berkata sudah sempat refleks mengangkat kakinya tersebut. Refleks apakah yang terjadi pada kaki kanan pasien ?
- A. Fleksor
 - B. Ekstensor
 - C. Peregangan
 - D. Tendon golgi
 - E. Ekstensi menyilang
10. Apakah komponen akhir dalam lengkung refleks?
- A. Reseptor somatis
 - B. Serabut saraf aferen
 - C. Serabut saraf eferen
 - D. Interneuron
 - E. Otot skelet

BAB VIII

Sistem Kardiovaskuler

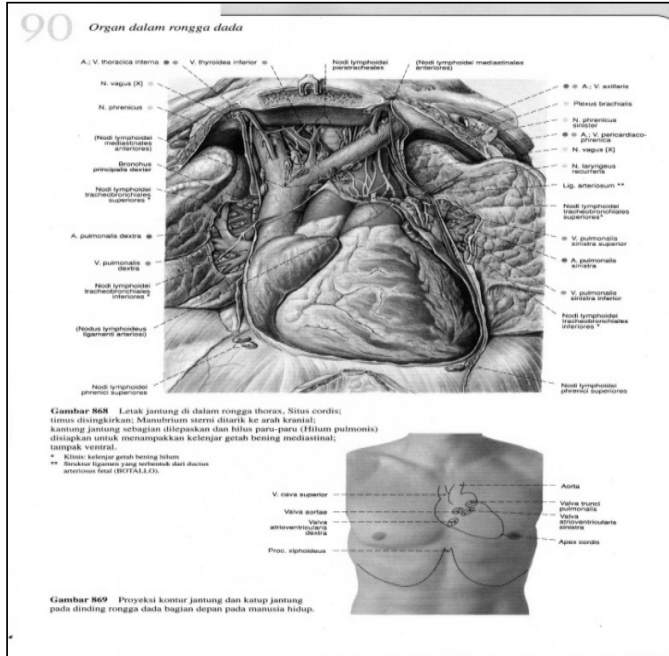
Oleh: Al Afik, S. Kep., Ns., M. Kep.

Tujuan Pembelajaran:

1. Mampu memahami prinsip dasar sistem kardiovaskuler
2. Mampu memahami struktur jantung
3. Mampu memahami pembuluh darah dan inervasi jantung
4. Mampu memahami sistem konduksi jantung
5. Mampu memahami siklus jantung
6. Mampu memahami struktur pembuluh darah
7. Mampu memahami sirkulasi darah sistemik

VIII. 1. Prinsip dasar sistem kardiovaskuler

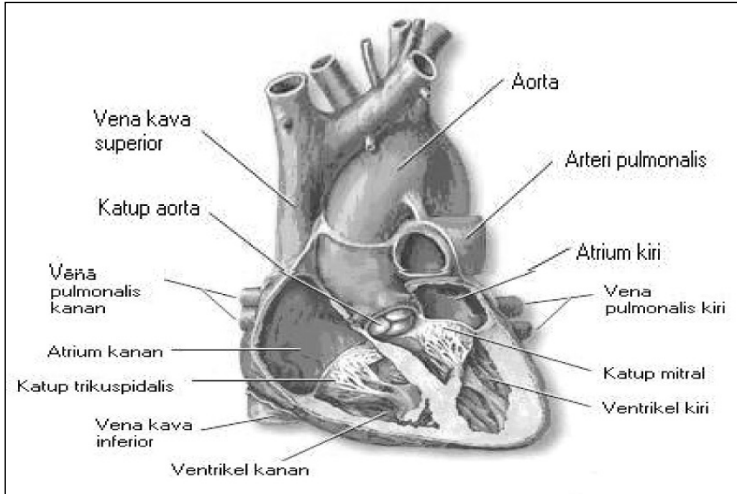
Sistem kardiovaskuler berfungsi mengangkut oksigen, nutrisi dan zat-zat lain untuk didistribusikan ke seluruh tubuh serta membawa bahan hasil akhir metabolisme untuk dikeluarkan dari tubuh. Komponen sistem kardiovaskuler terdiri dari jantung, pembuluh darah dan saluran limfe. Sistem kardiovaskuler ini terletak pada rongga mediastinum, yaitu kompartemen pada bagian tengah rongga thoraks diantara dua rongga paru. Suatu rongga yang dinamis dan lunak yang digerakkan oleh struktur-struktur yang terdapat didalamnya (jantung) dan mengelilinginya (diafragma dan gerakan lain pada pernafasan) serta efek gravitasi dan posisi tubuh, dan rongga ini disebut Mediastinum.



Gambar 8. 1. Rongga mediastinum dan bagian – bagian mediastinum (Paulsen & Waschke, 2013)

VIII. 2. Struktur jantung

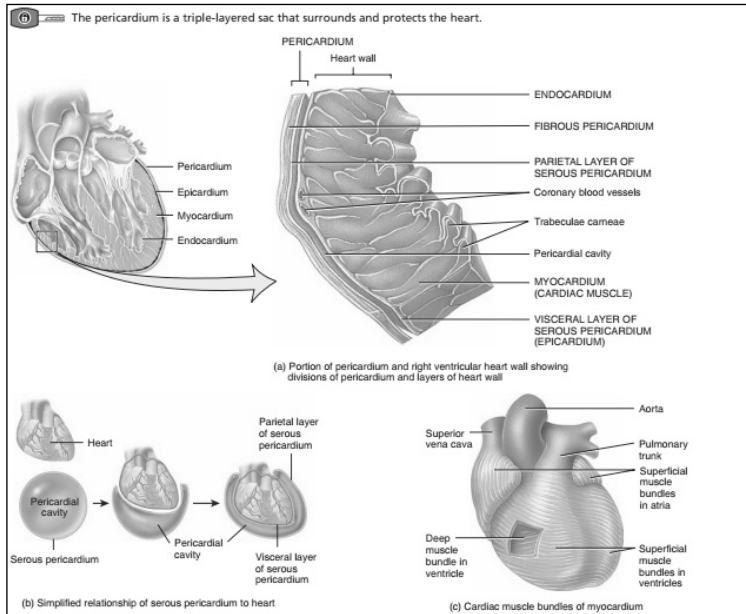
Jantung berukuran sekepalan tangan manusia dengan berat antara 200-425 gram. Letak jantung berada di belakang sternum pada rongga mediastinum, diantara costae kedua dan keenam. Jantung sebelah kanan menerima darah yang tidak teroksigenasi dari vena cava superior dan vena cava inferior kemudian mengalirkannya ke pulmonal untuk proses oksigenasi. Sedangkan bagian kiri jantung menerima dari teroksigenasi dari paru melalui vena pulmonalis untuk selanjutnya diedarkan ke seluruh tubuh melalui aorta.



Gambar 8. 2. Jantung (Paulsen & Waschke, 2013)

VIII. 3. Perikardium

Perikardium adalah lapisan pembungkus jantung yang tersusun oleh membrane fibroserosa dan permukaan pembuluh darah besarnya. Perikardium tersusun oleh dua lapisan yaitu perikardium fibrosa yang merupakan lapisan bagian luar yang keras serta perikardium serosa yang merupakan lapisan bagian dalam. Perikardium serosa juga mempunyai dua lapisan yaitu perikardium parietal dan perikardium visceral. Perikardium parietal merupakan permukaan bagian dalam perikardium fibrosa. Sedangkan perikardium visceral melekat pada permukaan jantung. Ruang yang berada diantara perikardium parietal dengan perikardium visceral disebut dengan ruang perikardium. Dalam kondisi normal, ruang tersebut berisi cairan yang berfungsi untuk memudahkan bagi jantung untuk bergerak dan berdenyut tanpa adanya hambatan.

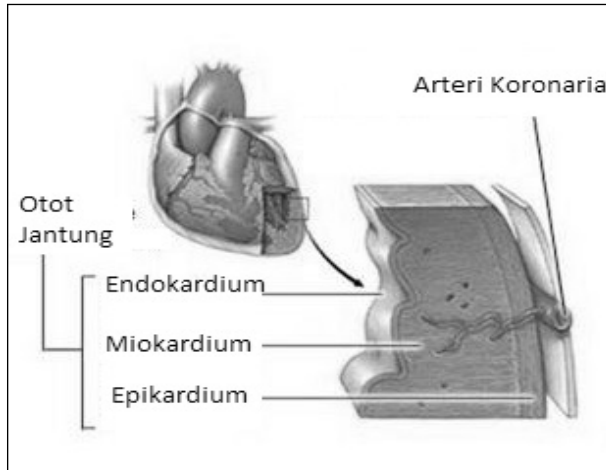


Gambar 8.3 lapisan jantung dari sisi samping (Tortora, 2012)

Pada gambar 8.3 memperjelas lapisan paling luar hingga paling dalam jantung, terdiri dari 3 lapisan, mulai epicardium, myocardium dan endocardium. Lapisan ini akan membentuk ruangan jantung yang akan dijelaskan dibawah ini.

VIII. 4. Dinding dan ruangan Jantung

Dinding jantung tersusun oleh tiga lapisan yaitu lapisan bagian luar yang disebut epikardium, lapisan bagian tengah yang disebut miokardium serta lapisan bagian dalam yang disebut endokardium (Gambar 8.4). Epikardium merupakan lapisan bagian luar yang terbentuk dari lapisan visceral perikardium serosa. Miokardium merupakan lapisan yang terdiri dari otot jantung. Endokardium merupakan lapisan bagian dalam yang tipis tersusun dari jaringan ikat subendotelial yang juga menutupi katup jantung.



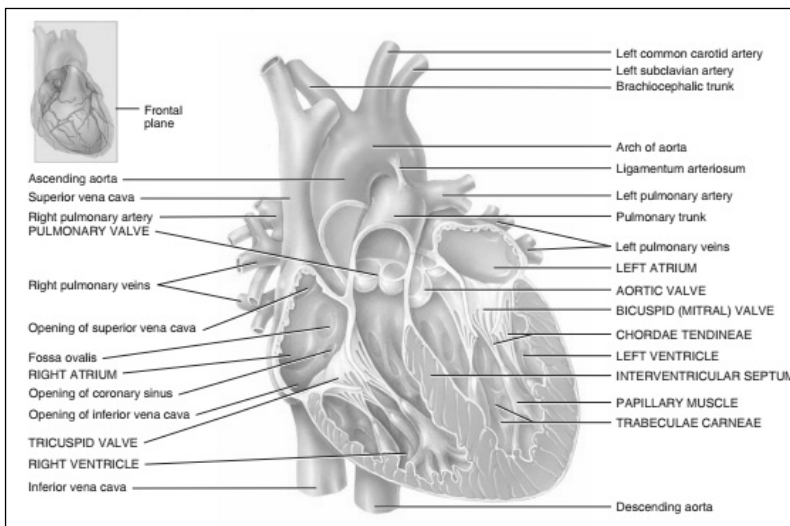
Gambar 8. 4. Lapisan dinding jantung (Paulsen & Washke, 2013)

Sedangkan ruangan jantung terdiri dari dua bagian yaitu bagian kanan dan bagian kiri. Masing – masing bagian mempunyai satu atrium dan satu ventrikel sehingga di dalam jantung terdapat empat ruang yaitu atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan dan ventrikel kiri. Antara atrium dengan ventrikel terdapat lubang *atrioventrikular* dan pada setiap lubang tersebut terdapat katup.

Atrium merupakan rongga penerima yang akan memompa darah ke dalam ventrikel. Atrium kanan mendapatkan darah yang berasal dari vena cava superior dan vena cava inferior, atrium kiri mendapatkan darah dari vena pulmonalis. Ventrikel merupakan rongga penerima darah dari atrium melalui sebuah katup. Ventrikel kanan akan mendapatkan darah dari atrium kanan untuk selanjutnya dipompa ke paru–paru melalui arteri pulmonalis. Sedangkan ventrikel kiri mendapatkan darah dari atrium kiri untuk selanjutnya akan memompa darah ke seluruh tubuh melalui katup aorta (Gambar 8. 5). Otot jantung (miokardium) pada bagian ventrikel lebih tebal dibandingkan dengan bagian atrium dan otot ventrikel kiri lebih tebal dibandingkan dengan otot ventrikel kanan. Hal ini karena otot

ventrikel kiri mempunyai tugas untuk menghasilkan tekanan yang lebih besar daripada otot bagian lainnya. Ventrikel kiri bertugas untuk memompa darah ke seluruh tubuh.

Diantara atrium dengan ventrikel terdapat katup yang memisahkannya. Katup ini disebut dengan katup *atrioventrikular* yang berfungsi untuk menjaga aliran darah agar berjalan searah dari atrium ke ventrikel dan menghindarkan aliran darah balik dari ventrikel ke atrium. Katup atrioventrikularis ini dibagi menjadi dua yaitu katup trikuspidalis dan katup bikuspidalis (katup mitral). Katup trikuspidalis merupakan katup yang mempunyai tiga daun yang memisahkan atrium kanan dengan ventrikel kanan. Sedangkan katup bikuspidalis (katup mitral) merupakan katup dengan dua daun yang memisahkan atrium kiri dengan ventrikel kiri. Selain katup atrioventrikularis, terdapat katup semilunaris yang terdiri dari dua katup yaitu katup pulmonal dan katup aorta. Katup pulmonal berfungsi mencegah aliran balik dari arteri pulmonalis ke ventrikel kanan. Sedangkan katup aorta berfungsi mencegah aliran balik dari aorta ke ventrikel kiri (Gambar 8. 5).



Gambar 8. 5. Ruangan dan katup jantung (Tortora, 2012)

Atrium kiri memiliki ketebalan yang sama dengan atrium kanan dan membentuk sebagian besar basis jantung. Atrium berfungsi menerima darah dari paru-paru melalui 4 vena pulmonal. Bagian atrium ini memiliki dinding posterior yang halus. Darah dari atrium kiri ke ventrikel kiri melalui katup bicuspid (mitral) terdiri dari dua cups sesuai namanya. Katup ini juga sering disebut katup atrioventrikuler kiri.

Ventrikel kiri adalah ruangan jantung yang paling tebal, rata-rata 10-15 mm, dan membentuk puncak jantung seperti ventrikel kanan. Ventrikel kiri mengandung trabeculae carneaee dan memiliki chordate tendineae yang menghubungkan cups dari bicuspid ke otot papiler. Darah dari ventrikel kiri melalui katup semilunar aorta.

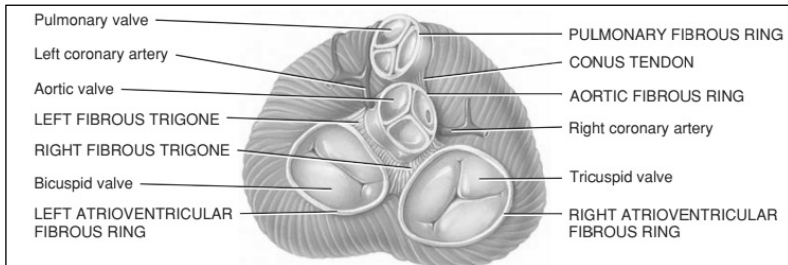
Di dalam dinding ventrikel terdapat juga berkas – berkas otot yang tebal dinamakan dengan otot – otot papillaris. Di bawah dari otot – otot papillaris terdapat benang – benang tendon tipis yang disebut dengan korda tendinea dan berfungsi untuk menghindarkan kelopak katup terdorong masuk ke dalam atrium saat ventrikel berkontraksi.

Terdapat juga pembuluh darah yang tersambung langsung dengan jantung. Di sebelah kanan jantung terdapat vena cava superior dan vena cava inferior yang akan mengalirkan darahnya masuk ke dalam atrium kanan. Selanjutnya terdapat juga arteri pulmonalis. Arteri ini berfungsi untuk membawa darah keluar dari ventrikel kanan untuk masuk ke dalam paru-paru. Sedangkan yang membawa aliran darah dari paru-paru untuk masuk ke jantung lagi yaitu ke dalam atrium kiri disebut dengan vena pulmonalis. Pembuluh darah berikutnya yaitu aorta yang berfungsi membawa darah keluar dari ventrikel kiri.

VIII. 5. Bunyi jantung

Bunyi jantung yang sering kita kenal dengan “lup-duk”, yang akan kita bisa dengar dengan alat bantu stetoskop. Di dalam jantung terdengar dua macam bunyi/suara. Bunyi ini berasal dari katup-katup yang menutup secara pasif. Bunyi pertama disebabkan oleh menutupnya katup atrioventrikular dan kontraksi ventrikel. Sedangkan

bunyi kedua merupakan bunyi akibat menutupnya katup semilunaris sesudah kontraksi ventrikel.

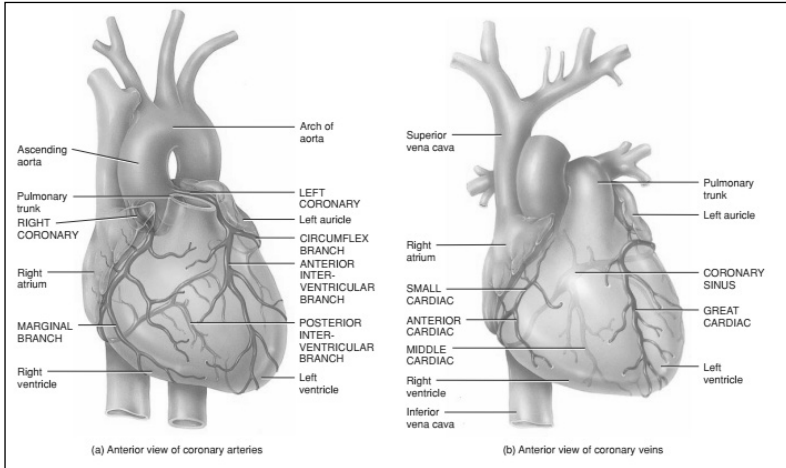


Gambar 8. 6. Katup jantung (Tortora, 2012)

Secara pasif menutupnya katup-katup seperti dalam gambar.8.6 diatas akan mengeluarkan bunyi ``lup`` sebagai bunyi pertama, dan ``duk`` sebagai bunyi kedua.

VIII. 6. Pembuluh darah dan inervasi Jantung

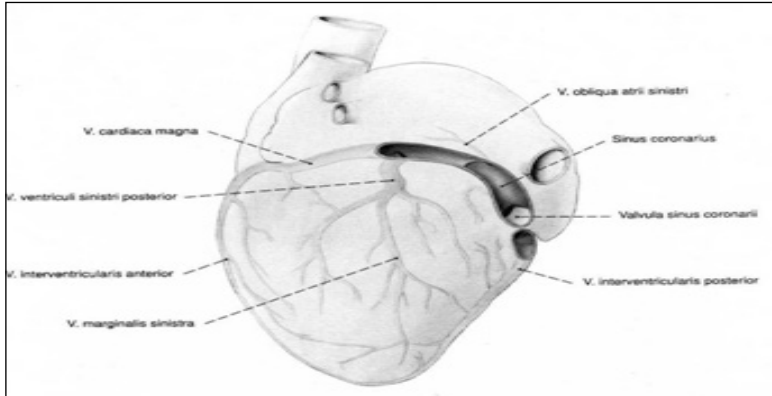
Bagian jantung terutama myocardium memiliki peran pokok dalam menjalankan fungsi sirkulasi secara sistemik. Didalam menjalankan fungsinya, myocard membutuhkan aliran darah yang menyuplai kebutuhan oksigen dan nutrisi serta zat zat lain yang dibutuhkan untuk kehidupan otot jantung. Pembuluh darah yang berperan pada jantung adalah arteri koronaria dan vena koronaria. Aliran darah dari dan ke otot miokardium, sebagian besar berasal dari arteri dan vena ini. Pembuluh darah jantung ini dipengaruhi oleh kerja saraf simpatis dan saraf parasimpatis.



Gambar 8. 7. Arteri koronaria dan percabangannya. (A) Dilihat dari anterior. (B) Dilihat dari posteroinferior (Tortora, 2012)

Arteri koronaria merupakan cabang pertama dari aorta yang mengalirkan darah ke epikardium dan miokardium. Selain itu arteri ini menyuplai darah ke atrium dan ventrikel. Cabang arteri koronaria adalah arteri koronaria dekstra dan arteri koronaria sinistra. Cabang arteri koronaria inilah yang pertama-tama meninggalkan aorta dan kemudian bercabang-cabang lagi menjadi arteri yang lebih kecil. Arteri-arteri kecil ini mengitari jantung dan menghantarkan darah ke semua bagian organ ini. Selanjutnya darah yang kembali dari jantung terkumpul ke dalam sinus koronaria dan akan masuk ke dalam atrium kanan.

Arteri koronaria dekstra menyuplai darah ke atrium kanan, sebagian besar ventrikel kanan, sebagian ventrikel kiri, sebagian septum intraventrikuler, *sino atrial nodes* (SA Nodes) dan *atrio ventricular nodes* (AV Nodes). Sedangkan arteri koronaria sinistra menyuplai darah ke atrium kiri, sebagian besar ventrikel kiri, sebagian ventrikel kanan dan SA nodes (pada sekitar 40 % orang).



Gambar 8. 8. Vena cardiaca dan percabangannya (Paulsen & Waschke, 2013)

Vena jantung dengan nama *vena cardiaca magna* seperti yang tertera pada Gambar 8.8 terletak superficial terhadap arteri. Sinus koronarius merupakan vena yang paling besar, membuka ke atrium kanan. Sebagian besar vena jantung utama mengalir ke sinus koronarius kecuali vena-vena anterior jantung yang mengalir ke atrium kanan.

VIII. 7. Persyarafan Jantung

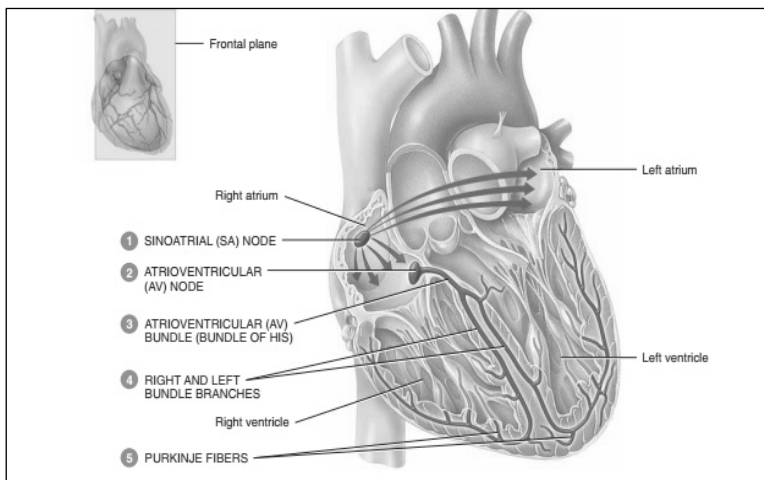
Jantung dipersarafi oleh serabut saraf otonom dari plexus cardiacus. Plexus cardiacus ini terbentuk dari serabut parasimpatis dan simpatis dalam perjalanan ke jantung. Serabut tersebar di sepanjang dan ke pembuluh darah koroner serta komponen-komponen konduktan terutama SA Nodes. Meskipun gerakan jantung bersifat ritmik, tetapi kecepatan kontraksi dipengaruhi rangsangan yang sampai pada jantung melalui saraf tersebut.

Rangsangan saraf simpatis menyebabkan meningkatnya nadi, konduksi impuls, kekuatan kontraksi dan menyebabkan peningkatan aliran darah melalui arteri koronaria. Stimulasi adrenergik SA Nodes dan jaringan konduktan meningkatkan kecepatan depolarisasi sel – sel *pacemaker* sambil meningkatkan konduksi atrioventrikular.

Sedangkan rangsangan saraf parasimpatis akan memperlambat nadi, mengurangi kekuatan kontraksi dan mengonstriksikan arteri koronaria, menghambat energy diantara periode peningkatan kebutuhan. Rangsangan saraf parasimpatis paskasinap akan memperlambat kecepatan depolarisasi sel-sel pacemaker dan konduksi atrioventrikular serta mengurangi kontraktilitas atrial.

VIII. 8. Sistem konduksi jantung

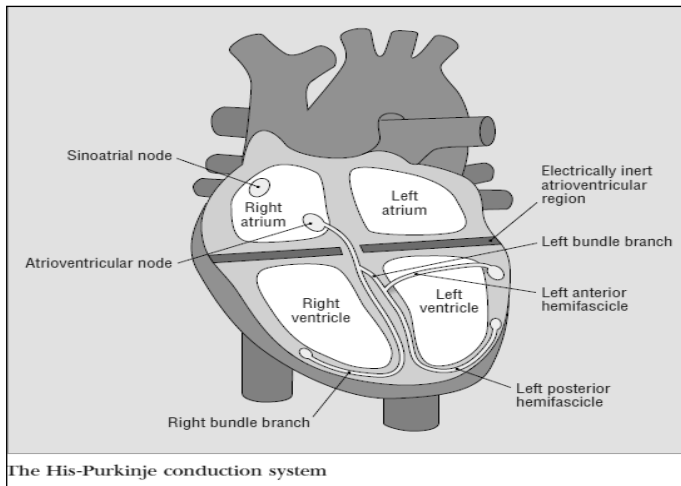
Aktifitas listrik jantung merupakan sumber detak jantung seumur hidup yang secara ritmik dan inheren dan terus menerus. Sumber aktivitas listrik jantung (sistem konduksi) ini adalah jaringan serat otot jantung khusus yang disebut autorhytmic serat karena mereka dapat dieksploitasi. Sistem konduksi jantung merupakan sistem yang mengkoordinasikan siklus di dalam jantung dengan mengkoordinasikan kontraksi dari keempat ruangan yang ada di jantung. Dalam menjalankan fungsinya sebagai pemompa darah, atrium dan ventrikel bekerja bersama-sama.



Gambar 8. 9. Sistem konduksi jantung (Tortora, 2012)

Pada Gambar 8.9 dijelaskan sistem konduksi jantung ini terdiri dari SA Nodes (1), AV Nodes (2), atrioventricular bundle/bundle of his (3), right & left Bundle Braches (4) dan serabut purkinje (5). Sel pacu jantung mempunyai karakteristik:

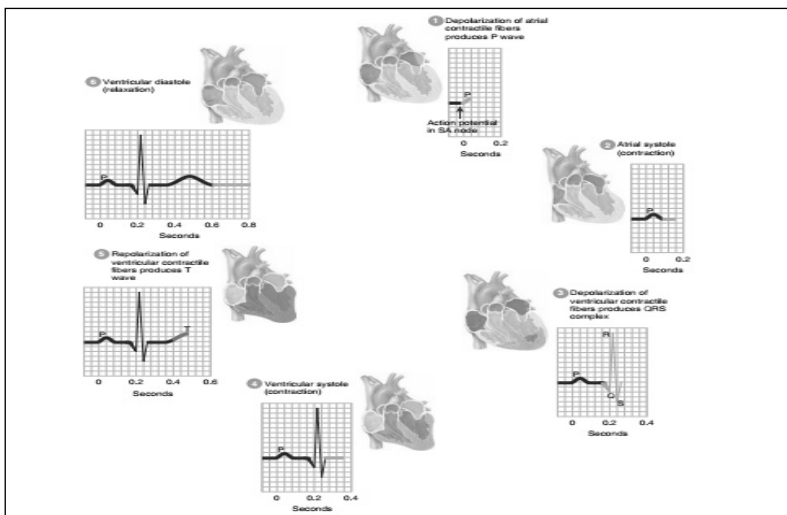
1. Automatisitas
Merupakan kemampuan untuk memulai impuls secara otomatis
2. Konduktivitas
Merupakan kemampuan untuk menghantarkan impuls dari satu sel ke sel berikutnya
3. Kontraktilitas
Merupakan kemampuan untuk memperpendek serabut jantung saat menerima impuls



Gambar 8. 10. Sistem konduksi pada posisi ruang jantung
(Paulsen & Waschke, 2013)

SA Nodes merupakan pusat pacu jantung yang memulai dan mengatur impuls untuk berkontraksi dengan frekuensi 60 – 100 kali/menit. Sinyal kontraksi dari SA Nodes ini akan menyebabkan kontraksi pada kedua atrium yaitu atrium kanan dan atrium kiri.

Selanjutnya impuls akan menyebar menuju AV Nodes. Dari AV Nodes, impuls akan berjalan menuju bundle of his dan selanjutnya menuju serabut purkinje. Aliran impuls ini pada akhirnya akan menimbulkan kontraksi pada ventrikel. Apabila SA Nodes mengalami gangguan dalam memulai impuls, maka akan diambil alih oleh AV Nodes. Akan tetapi kontraksi yang dihasilkan oleh AV Nodes ini akan menyebabkan kontraksi dengan frekuensi sebesar 40 – 60 kali/menit. Selanjutnya jika SA Nodes dan AV nodes keduanya mengalami gangguan dalam menghasilkan impuls, maka ventrikel akan memulai impuls dengan frekuensi 20 – 40 kali/menit. Impuls pada jantung yang dihasilkan dari SA Nodes, dapat direkam dengan menggunakan alat elektrokardiogram (EKG) dan menghasilkan gambaran EKG seperti pada gambar 8.10



Gambar 8. 11. Gambaran EKG dan sistem konduksi (Tortora, 2012)

Fase depolarisasi dan kontraksi atrium berlangsung yang di gambarkan dengan gelombang P. Rekaman ini merupakan penyebaran depolarisasi melalui miokardium atrium dari awal sampai akhir.Nodes

SinoAtrial berada pada atrium kanan, maka atrium kanan mulai berdepolarisasi sebelum atrium kiri dan juga selesai lebih awal.

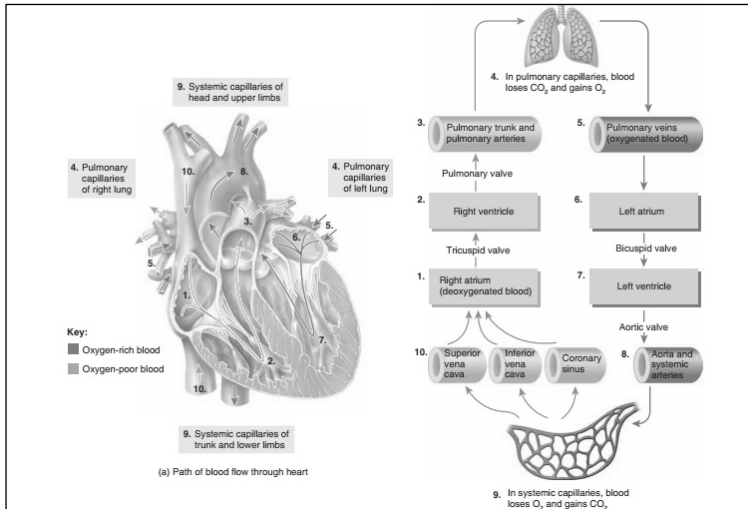
Gambaran berikutnya kompleks QRS adalah fase depolarisasi miokardium ventrikel yang akan menghasilkan kontraksi ventrikel. Gelombang QRS ditandai dengan suatu defleksi besar pada EKG. Amplitudo kompleks QRS jauh lebih besar dibandingkan dengan gelombang P atrium karena massa otot ventrikel jauh lebih banyak dari pada atrium.

Fase repolarisasi ventrikel dengan digambarkan gelombang T, yaitu sel miokardium mengalami masa refrakter singkat setelah depolarisasi ventrikel. Sel miokardium mengalami repolarisasi yaitu sel memulihkan elektronegativitas di dalam dirinya agar dapat dirangsang kembali. Gelombang repolarisasi atrium sebenarnya juga ada, namun karena gelombang ini terjadi bersamaan dengan depolarisasi ventrikel sehingga tertutup oleh kompleks QRS yang jauh lebih menonjol.

Proses repolarisasi ventrikel berjalan jauh lebih lambat daripada depolarisasi ventrikel. Sehingga gelombang T tampak lebih lebar daripada kompleks QRS.

VIII. 9. Siklus jantung

Jantung memiliki fungsi utama memompa darah ke seluruh tubuh. Di dalamnya terdapat berbagai aktivitas yang berhubungan dengan peredaran darah, hal ini disebut dengan siklus jantung. Gerakan jantung merupakan akibat dari kontraksi atrium dan ventrikel. Gerakan jantung ini terdiri dari dua jenis yaitu sistole dan diastole. Sistole merupakan kontraksi yang bersamaan dari kedua atrium atau kedua ventrikel. Sedangkan diastole merupakan fase relaksasi dari atrium maupun ventrikel. Melalui fase sistole dan diastole inilah jantung akan terus berdenyut selama hidupnya. Gambaran Sirkulasi peredaran darah yang peran utamanya oleh jantung seperti dalam Gambar 8.12 berikut ini:



Gambar 8. 12. Peran utama jantung dalam sistem peredaran darah (Tortora, 2012)

Kontraksi dari kedua atrium membutuhkan waktu yang lebih pendek daripada kontraksi pada kedua ventrikel. Pada ventrikel, selain kontraksi berlangsung lebih lama, kekuatan yang dihasilkan juga lebih tinggi daripada atrium utamanya pada ventrikel kiri. Ventrikel kiri bertugas untuk mendorong darah ke seluruh tubuh dan mempertahankan tekanan darah arteri sistemik. Sedangkan ventrikel kanan juga memompa volume darah yang sama, namun tekanannya jauh lebih rendah dari ventrikel kiri karena hanya mendorong darah ke dalam paru-paru.

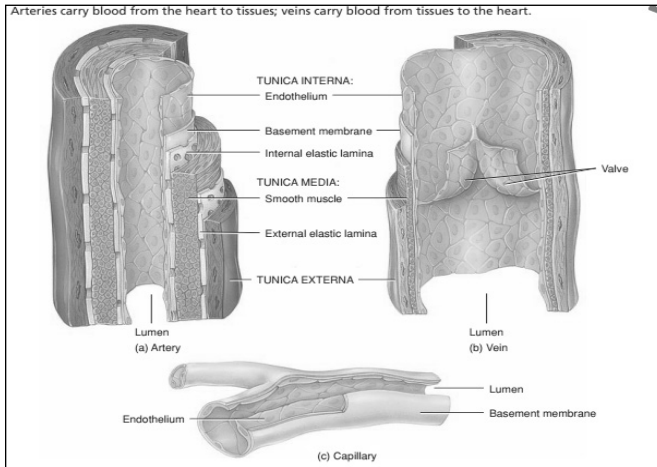
VIII. 10. Pembuluh darah jantung

Dalam sistem vaskular, terdapat lima jenis pembuluh darah berbeda yang akan berperan, yaitu arteri, vena, arterioli, venula dan kapiler. Lapisan dinding pembuluh darah kecuali kapiler mempunyai tiga lapisan, yaitu:

1. Tunika intima

Merupakan lapisan pembuluh darah bagian dalam

2. Tunika media
Merupakan lapisan pembuluh darah bagian tengah
3. Tunika adventisia
Merupakan lapisan pembuluh darah bagian luar



Gambar 8. 13. Struktur lapisan pembuluh darah (Tortora, 2012)

Arteri mempunyai struktur dinding otot yang lebih tebal daripada vena. Hal ini bertujuan untuk mengakomodasi fungsi dari arteri untuk mengalirkan darah pada kecepatan dan tekanan yang tinggi. Sebaliknya vena mempunyai struktur dinding otot yang lebih tipis. Akan tetapi vena mempunyai diameter yang lebih besar daripada arteri karena tekanan darah yang mengalir balik dari vena ke jantung lebih rendah. Selain itu pada vena mempunyai katup yang bertujuan untuk mencegah aliran darah balik.

Arteriol mempunyai dinding yang lebih tipis daripada arteri, berfungsi untuk mengatur aliran darah ke kapiler dengan cara konstriksi dan dilatasi. Sedangkan venula mempunyai dinding yang lebih tipis daripada arteri, berfungsi untuk mengumpulkan darah dari kapiler. Secara lebih jelas arteri bertugas untuk membawa darah

dari jantung, vena bertugas untuk membawa darah ke jantung sedangkan kapiler sebagai penghubung antara arteri dan vena yang merupakan jalan lalu lintas untuk distribusi zat-zat yang diperlukan oleh tubuh serta zat-zat yang harus dibuang oleh tubuh. Selain itu di dalam kapiler inilah terjadi pertukaran gas dalam cairan ekstraseluler atau interstitiil.

Denyut nadi merupakan gelombang yang teraba pada arteri akibat darah dipompa keluar jantung. Denyut arteri mudah teraba dan terasa di tempat yang melintasi sebuah tulang yang terletak dekat dengan permukaan, misalnya arteri radialis, arteri temporalis maupun arteri dorsalis pedis. Selain itu juga terdapat arteri –arteri besar yang mudah untuk diraba yaitu arteri karotis, arteri brakhialis dan arteri femoralis.

VIII. 11. Sirkulasi darah

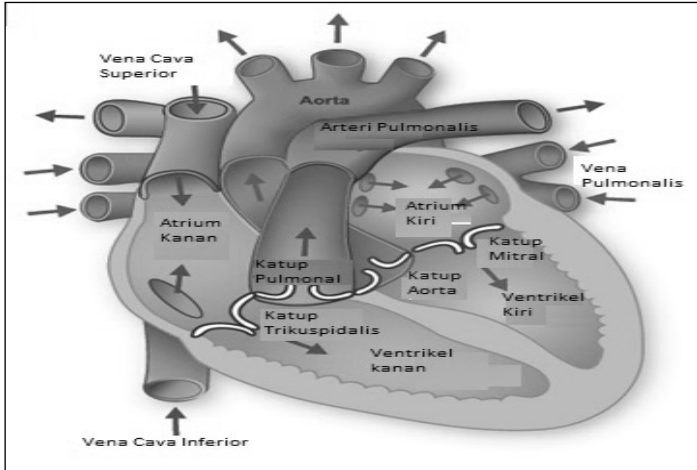
Terdapat dua macam sirkulasi yang terjadi yaitu sirkulasi sistemik dan sirkulasi pulmonal.

1. Sirkulasi sistemik

Sirkulasi sistemik dimulai dari aliran darah dari ventrikel kiri melalui arteri, arteriol, dan kapiler kembali ke atrium kanan melalui vena.

2. Sirkulasi pulmonal

Sirkulasi pulmonal dimulai dari aliran darah dari ventrikel kanan masuk ke dalam paru – paru selanjutnya dari paru – paru masuk ke dalam atrium kiri.



Gambar 8. 14. Sirkulasi darah dalam jantung (Sobota, 2013)

Darah tidak teroksigenasi yang berasal dari vena cava superior dan vena cava inferior akan masuk ke dalam atrium kanan. Darah dari atrium kanan melewati katup trikuspidalis akan masuk ke dalam ventrikel kanan. Selanjutnya ventrikel kanan akan memompa darah ke paru-paru melalui katup pulmonal menuju arteri pulmonalis. Selanjutnya darah di paru – paru akan mengalami proses oksigenasi.

Setelah proses oksigenasi di paru-paru terjadi, darah akan dialirkan ke vena pulmonalis menuju ke atrium kiri. Darah teroksigenasi ini selanjutnya melalui katup bikuspidalis akan tertampung ke dalam ventrikel kiri. Kemudian ventrikel kiri akan memompa darah ke seluruh tubuh melalui katup aorta.

Cabang dari arteri besar ini akan membentuk ranting menjadi arteri yang lebih kecil lagi sampai menjadi arteriol. Dinding kapiler mempunyai struktur yang tipis sehingga memudahkan untuk terjadinya pertukaran zat antara plasma dan jaringan interstisiil. Selanjutnya kapiler – kapiler ini bergabung membentuk pembuluh darah yang lebih besar yang disebut dengan venul. Darah dari venul kemudian akan bergabung menuju vena untuk selanjutnya

menghantarkan darah ke dua batang vena besar yaitu vena cava superior dan vena cava inferior untuk kembali ke jantung. Vena cava superior mengumpulkan darah dari kepala dan ekstremitas atas. Sedangkan vena cava inferior mengumpulkan darah dari thoraks, abdomen dan ekstremitas bawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Tortora, G.J & Derrickson B, 2013, *Principles of ANATOMY &PHYSIOLOGY*, 13th Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Guyton, A C & Hall J E, 2006, *TEXTBOOK OF MEDICAL PHYSIOLOGY*, Elsevier Saunders, Elsevier Inc.1600 John F. Kennedy Blvd., Suite 1800 Philadelphia, Pennsylvania 19103-2899.
- Paulsen F.&J. Waschke. 2013. *Sobotta Atlas Anatomi Manusia: Anatomi Umum dan Muskuloskeletal*. Penerjemah: Brahm U. Penerbit. Jakarta : EGC
- Pearce, C, Evelyn, 2009, *Anatomi dan fisiologi untuk paramedis*, Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.

Latihan soal

1. Seorang laki-laki usia 25 tahun, sedang duduk istirahat setelah satu set badminton dilaluinya, dia meraba nadi radialis Nampak berdenyut kuat, teratur dan cepat 105 x/menit. Organ utama apakah yang menyebabkan denyut nadi meningkat?
 - A. COR
 - B. Aorta
 - C. Pulmo
 - D. Arteri
 - E. Vena

2. Seorang laki-laki 50 tahun, mampu berjalan lebih 2 KM tanpa merasa sesak di jantungnya, Pembungkus Aorta dan Jantung dalam rongga dada yang terdiri dari jaringan fibroserosa disebut
 - A. Pericardium
 - B. Mediastinum
 - C. Peritoneum
 - D. Cavum
 - E. Pleura

3. Seorang mahasiswa sedang mempelajari jantung dan fungsinya, sampailah pada lapisan jantung. Cairan antara visceralis dan parietalis pericardium berupa cairan serosa yang berfungsi untuk apa?
 - a. Melindungi dari gesekan saat jantung berdenyut
 - b. Sebagai bagian kerja otot jantung
 - c. Cairan untuk sirkulasi internal jantung
 - d. Pelumas antara pericardium dan sekitarnya
 - e. Pelumas di epicardium dan endocardium

4. Seorang laki-laki 25 tahun, dia sebagai atlit lari professional, memiliki denyut jantung tertur dan cenderung normal walaupun habis berlari, Lapisan jantung yang bertanggungjawab terhadap kemampuan kontraksi jantung adalah
 - A. Miocardium
 - B. Endocardium
 - C. Epicardium
 - D. Visceral
 - E. Parietal

5. Seorang perempuan 35 tahun, mengeluh pusing dan diperiksa tekanan darahnya terdapat hasil sistolik 150 MmHg, mekanisme apakah yang terjadi adanya fase sistolik tersebut?
 - a. Darah dari ventrikel kiri dipompakan dan didistribusikan ke seluruh tubuh
 - b. Ventrikel kanan terisi darah dari atrium kanan
 - c. Ventrikel kiri terisi darah dari vena pulmonalis
 - d. Atrium kanan mengisi darah ke Ventrikel kanan
 - e. Atrium kiri mengalirkan darah ke ventrikel kiri

6. Seorang perempuan 30 tahun, Nampak kulitnya muka, tangan, dan kaki kemerahan saat berjemur dipantai, Secara fungsi bagian dari kardiovaskuler, kapiler memiliki peran sebagai ?
 - a. Pertukaran cairan, nutrisi elektrolit hormon antara darah dan cairan interstisial
 - b. Mengalirkan darah dari kapiler ke vena sedang
 - c. Mengalirkan darah dari jaringan ke jantung
 - d. Reservoir darah terkendali.
 - e. Mengatur aliran darah yg menuju kapiler

7. Seorang laki-laki 20 tahun mampu beraktifitas 20 jam tanpa istirahat, hal ini didukung oleh sitem cardivasculer dengan baik, dalam sistem cardiocvasculer **Arteriol** berfungsi sebagai?
 - a. Mengatur aliran darah yg menuju kapiler
 - b. Pertukaran cairan, nutrisi elektrolit hormon antara darah dan cairan interstisial
 - c. Mengalirkan darah dari kapiler ke vena sedang
 - d. Mengalirkan darah dari jaringan ke jantung
 - e. Reservoir darah terkendali.

8. Bagian luar jantung terdiri darai beberapa bagian, bagian yang terletak berlawanan dengan apex yang terdiri dari atrium kiri, sebagian atrium kanan dan bagian proximal dari aorta disebut?
 - a. Basis
 - b. Ictus Cordis
 - c. APEX
 - d. Margo Dexter
 - e. Margo Sinestra

9. Seorang anak 10 tahun, sering kebiruan dan sesak apabila habis berain, Pada bagian dalam jantung yang memisahkan atrium kanan dan atrium kiri disebut?
 - a. Septum interatrialis
 - b. Septum interventrikularis
 - c. Katup mitral
 - d. Katup trikuspidalis
 - e. Katup pulmonalis

10. Pengaturan aliran darah dalam sirkulasi didalam jantung, agar tidak terjadi refluk atau regurgitasi maka jantung memiliki katup, agar darah yang dipompakan ke paru-paru tidak kembali ke atrium kanan maka katup yang berperan adalah?
- Pulmonal
 - Aorta
 - Mitral
 - Tricuspid
 - Atrioventrikulari

BAB IX

Sistem Limfatik dan Imunitas

Oleh: Dr. dr. Ratna Indriawati, MKes

Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa memahami tentang Sistem Limfatik manusia
2. Mahasiswa memahami tentang organ-organ dan jaringan system limfatik
3. Mahasiswa memahami fungsi system limfatik
4. Mahasiswa memahami tentang system pertahanan tubuh manusia
5. Mahasiswa memahami tentang macam-macam kekebalan tubuh manusia
6. Mahasiswa memahami tentang kelainan atau penyakit pada system imunitas manusia

IX. 1. Sistem limfatik manusia

Sistem limfatik adalah suatu sistem sirkulasi sekunder yang berfungsi mengalirkan limfa atau getah bening di dalam tubuh. Limfa (bukan limpa) berasal dari plasma darah yang keluar dari sistem kardiovaskular ke dalam jaringan sekitarnya. Cairan ini kemudian dikumpulkan oleh sistem limfa melalui proses difusi ke dalam kelenjar limfa dan dikembalikan ke dalam sistem sirkulasi. Sistem saluran limfe berhubungan erat dengan sistem sirkulasi darah. Darah meninggalkan jantung melalui arteri dan dikembalikan melalui vena.

Susunan limfe mirip dengan plasma tetapi dengan kadar protein yang lebih kecil. Kelenjar-kelenjar limfe menambahkan limfosit pada limfe sehingga jumlah sel itu sangat besar didalam saluran

limfe. Didalam limfe tidak terdapat sel lain. Limfe dalam salurannya digerakkan oleh kontraksi otot disekitarnya dan dalam beberapa saluran limfe dalam salurannya digerakkan oleh kontraksi otot disekitarnya dan dalam beberapa saluran limfe yang gerakannya besar itu dibantu oleh katup.

Sistem limfatik ini berfungsi untuk absorpsi zat-zat makanan dari traktus gastrointestinal, bertanggung jawab untuk absorpsi lemak, dan salah satu mekanis pertahanan tubuh terhadap infeksi. Sistem limfatik manusia terdiri dari dua bagian penting yaitu pembuluh limfa dan jaringan serta organ limfa.

Pembuluh limfa merupakan bagian penting dalam sistem peredaran limfa. Peredaran limfa adalah peredaran terbuka. Limfa dari jaringan akan masuk kekapiler limfa. Kapiler limfa akan bergabung dengan kapiler limfa yang lain membentuk pembuluh limfa. Pembuluh limfa akan terkumpul di pembuluh limfa dada. Limfa akhirnya akan kembali ke sistem peredaran darah. Aliran limfa dalam pembuluh limfa dipengaruhi oleh kerja otot rangka (otot skelet). Disepanjang pembuluh limfa terdapat *nodus limfa* yang berbentuk bulatan kecil.

Semua cairan limfa berasal dari daerah kepala, leher, dada, paru-paru, jantung dan lengan kanan terkumpul dalam pembuluh-pembuluh limfa dan bersatu menjadi pembuluh limfa kanan disebut juga dengan *duktus limfatikus dekster*. Pembuluh limfa bermuara di pembuluh vena dibawah tulang selangka kanan. Cairan limfa yang berasal dari bagian selain yang bermuara di pembuluh limfa kanan akan bermuara pada pembuluh limfa dada yang disebut dengan *duktus toraksikus* yang bermuara ditulang selangka kiri.

Pembuluh limfe yang terkecil atau kapiler limfe lebih besar dari kapiler darah dan terdiri hanya atas selapis endotelium. Pembuluh limfe bermula sebagai jalinan halus kapiler yang sangat kecil atau sebagai rongga-rongga limfe didalam jaringan berbagai organ. Sejenis pembuluh limfe khusus, disebut *lakteal* dijumpai dalam vili usus kecil. Kelenjar limfe (*nodus limfa*) berbentuk kecil lonjong atau

seperti kacang dan terdapat disepanjang pembuluh limfe. Kerjanya sebagai penyaring dan dijumpai ditempat-tempat terbentuknya limfosit. Kelompok-kelompok utama terdapat didalam leher, axila, torax, abdomen, dan lipatan paha. Sebuah kelenjar limfe mempunyai pinggiran yang cembung dan yang cekung. Pinggiran yang cekung disebut *hilum*. Sebuah kelenjar terdiri atas jaringan fibrus, jaringan otot, dan jaringan kelenjar. Disebelah luar, jaringan limfe terbungkus oleh kapsul fibrus. Dari sini keluar tajuk-tajuk dari jaringan otot dan fibrus, yaitu trabekulae, masuk kedalam kelenjar dan membentuk sekat-sekat. Runagan diantaranya berisi jaringan kelenjar, yang mengandung banyak sel darah putih atau *limfosit*. Pembuluh limfe aferen menembus kapsul dipinggiran yang cembung dan menuangkan isinya kedalam kelenjar. Bahan ini bercampur dengan benda-benda kecil dari limfa yang banyak sekali terdapat didalam kelenjar dan selanjutnya campuran ini dikumpulkan pembuluh limfe aferen yang mengeluarkan melalui *hilum*. Arteri dan vena juga masuk dan keluar kelenjar melalui *hilum*.

Hampir semua jaringan tubuh memiliki pembuluh limfa, kecuali sistem saraf pusat, tulang, dan sebagian besar lapisan superfisial kulit. Suatu infeksi pembuluh limfe dan kelenjar dapat meradang, yang tampak pada pembengkakan kelenjar yang sakit diketiak atau lipat paha dalam hal sebuah jari tangan atau jari kaki terkena infeksi.

Fungsi pembuluh limfa yaitu:

1. Mengembalikan cairan dan protein dari jaringan kedalam sirkulasi darah.
2. Mengangkut limfosit dan kelenjar limfe ke sirkulasi darah.
3. Mengangkut lemak yang sudah diemulsi dari susu ke sirkulasi darah.
4. Menyaring dan menghancurkan mikroorganisme.
5. Menghasilkan zat antibodi untuk melindungi terhadap kelanjutan infeksi.

IX.2. Organ-organ dan jaringan system limfatik

Organ-organ limfoid meliputi sumsum merah, nodus limfa, limpa, timus dan tonsil. Organ limfoid ini berperan untuk mengumpulkan dan menghancurkan mikroorganisme penginfeksi lain di dalam jaringan limfoid. Organ limfoid yaitu:

1. Sumsum merah

Sumsum merah mencakup jaringan yang menghasilkan limfosit. Saat dilepaskan dari sumsum merah, sel-sel limfosit masih identik. Perkembangan selanjutnya apakah akan menjadi sel B atau sel T tergantung pada tempat pematangannya. Sel B mengalami pematangan di sumsum merah, sedangkan sel T mengalami pematangan di timus. Kedua jenis limfosit tersebut bersirkulasi di seluruh tubuh dan limfa, kemudian terkonsentrasi dalam limpa, nodus limfa dan jaringan limfatik.

2. Nodus Limfa (kelenjar limfa)

Nodus limfa merupakan organ yang berbentuk kacang atau oval yang terletak sering berkumpul disepanjang pembuluh limfe. Limfe mengalir melalui sejumlah nodus biasanya 8-10 nodus sebelum kembali ke sirkulasi vena. Nodus ini memiliki berbagai ukuran yaitu sebagian berukuran kecil seperti kepala peniti dan yang paling besar berukuran sebesar almond. Nodus limfa diselubungi jaringan ikat longgar yang membagi nodus menjadi nodulus-nodulus. Tiap nodulus mengandung ruang-ruang (sinus) yang berisi limfosit dan makrofag. Saat cairan limfa melewati sinus maka makrofag akan memakan bakteri dan mikroorganisme.

Fungsi nodus limfa adalah:

a Filtrasi dan fagositosis

Cairan limfe difiltrasi oleh jaringan retikular dan limfoid saat melalui nodus limfe. Materi yang mengendap adalah mikroba, fagosit yang hidup dan mati yang berisi mikroba yang dimakan, sel dari tumor ganas, sel jaringan yang rusak, serta partikel yang dihirup. Materi organik dihancurkan di

nodus limfe oleh makrofag dan antibodi. Sebagian partikel anorganik yang diinhalasi tidak dapat dihancurkan di nodus limfe oleh fagositosis. Sebagian partikel ini tetap didalam makrofag dan tidak menyebabkan sel terbunuh atau rusak.

b Proliferasi limfosit

Limfosit T dan B teraktivasi memperbanyak diri di nodus limfe. Antibodi yang dihasilkan oleh limfosit B terensitisasi masuk kelimfe dan darah lalu mengalir ke nodus.

3. Limpa

Limpa adalah organ limfoid terbesar. Limpa dibungkus oleh kapsul yang terdiri atas jaringan kolagen dan elastik dan beberapa serabut otot halus. Dari kapsul itu keluar tajuk-tajuk yang disebut trabekulae yang masuk kedalam jaringan limpa dan membaginya dalam beberapa bagian. Adapun fungsi limpa, yaitu:

a Fagositosis

Leukosit, trombosit, dan mikroba difagositosis dilimpa. Tidak seperti nodus limfa, limpa tidak memiliki limpatik aferen yang masuk sehingga limpa tidak terpapar penyakit yang disebarkan oleh limfe.

b Cadangan darah

Limpa mengandung 350 ml darah dan dalam merespons terhadap stimulus simpatik dapat dengan cepat mengembalikan volume ini ke sirkulasi, misal pada pendarahan

c Respon imun

Limpa mengandung limfosit B dan T yang diaktivasi oleh keberadaan antigen, missal pada infeksi. Proliferasi limfosit saat infeksi yang serius dapat menyebabkan pembesaran limpa (splenomegali).

d Eritropoiesis

Limpa dan hati merupakan tempat memproduksi sel darah janin yang penting. Selain itu, limpa juga dapat memenuhi fungsi pada orang dewasa pada saat dibutuhkan.

4. Timus

Timus adalah tempat dimana limfosit berkembang menjadi sel T. Kelenjar timus berada dibagian atas mediastinum di belakang sternum dan memanjang keatas hingga dasar leher. Berat kelenjar ini sekitar 10-15 gram pada saat lahir dan tumbuh hingga pubertas, selanjutnya akan mengalami atrofi. Berat maksimum timus saat pubertas adalah 30-40 gram. Timus sekresikan hormon timopoietin yang menyebabkan kekebalan pada sel T. Timus berbeda dengan organ limfoid lainnya karena hanya berfungsi untuk tempat pematangan limfosit T. Selain itu juga, karena timus adalah satu-satunya organ limfoid yang tidak memerangi antigen secara langsung.

5. Tonsil

Tonsil adalah organ limfoid yang paling sederhana. Kedua tonsil terdiri juga atas jaringan limfa. Letaknya antara dua tiang fauces (lengkung langit-langit) dan mendapat persediaan limfosit melimpah didalam cairan yang ada permukaannya dan yang ada didalam sela-sela tonsil. Sejumlah besar jaringan limfoid masuk kedalam formasi limpa, membran serosa, dan dalam kulit usus halus. Di dalam usus mereka ditampung didalam mukosa(selaput lendir). Di beberapa tempat dijumpai beberapa nodulus jaringan limfa. Khilus sentralis didalam vilus berhubungan dengan pembuluh limfa dalam jaringan submukosa. Dari sini limfe keluar dan akhirnya sampai di reseptakulum khili. Tonsil terdapat dimulut dan tenggorokan, Tonsil juga berfungsi untuk melawan infeksi pada saluran pernapasan bagian atas dan faring. Antigen dihancurkan dengan ditelan dan diinhalasi.

IX.3. Fungsi system limfatik

Adapun fungsi sistem limfatik manusia adalah sebagai berikut:

1. Mengembalikan cairan dan protein dari jaringan kedalam sirkulasi darah.

2. Mengangkut limfosit dari kelenjar limfe ke sirkulasi darah.
3. Untuk membawa lemak yang sudah dibuat emulsi dari usus ke sirkulasi darah. Saluran limfe yang melaksanakan fungsi ini adalah saluran lakteal.
4. Kelenjar limfe menyaring dan menghancurkan mikroorganisme untuk menghindari penyebaran organisme itu dari tempat masuknya.
5. Apabila ada infeksi, kelenjar limfe menghasilkan zat antibodi untuk melindungi tubuh terhadap kelanjutan infeksi.

IX.4. Sistem pertahanan tubuh manusia

Sistem imunitas manusia terdiri atas organ limfatik primer (sumsum tulang merah, kelenjar timus) dan organ limfatik sekunder (limpa, nodus limfa, tonsil). Mekanisme pertahanan tubuh manusia dibedakan atas respons nonspesifik dan respons spesifik.

Mekanisme Pertahanan Tubuh Non-Spesifik

Respons non-spesifik meliputi pertahanan fisik dan kimia terhadap agen infeksi dan tidak dipengaruhi oleh infeksi sebelumnya. Respons tersebut tidak memiliki memori terhadap infeksi sebelumnya. Mekanisme pertahanan tubuh non-spesifik ini merupakan lini pertama pertahanan umum untuk mencegah masuknya dan meminimalisasi jalan masuk mikroba dan antigen yang masuk ke dalam tubuh manusia. Terdapat 2 mekanisme pertahanan tubuh non-spesifik yang utama, yaitu:

1. Pertahanan tubuh lapis pertama

Pertahanan lapis pertama yang berfungsi melawan infeksi terdapat pada permukaan tubuh, meliputi:

- a Kulit dan membran mukosa

Perlindungan yang dihasilkan kulit dan membran mukosa adalah sebagai berikut:

- 1) Hasil sekresi kulit cenderung bersifat asam (pH 3-5), sehingga menghambat pertumbuhan bakteri. Minyak

(sebum) pada kulit mengandung zat kimia yang beracun bagi bakteri.

- 2) Mukosa lambung mengandung larutan HCL dan enzim untuk membunuh mikroorganisme
- 3) Ludah dan airmata mengandung lisozim yaitu enzim w penghancur bakteri.
- 4) Lendir yang lengket akan memerangkap mikroorganism yang masuk ke saluran pencernaan dan saluran pernapasan.

b Sekresi alami dan bakteri alami

Sekresi alami dari tubuh banyak mengandung bakterisida. Air liur dan air mata mengandung lisozim yang dapat menyebabkan sel-sel bakteri lisis. Asam lambung dapat membunuh banyak bakteri yang masuk melalui makanan. Sekresi alami lainnya, adalah ASI yang mengandung laktoperoksidase dan cairan sperma yang mengandung spermin.

Bakteri alami bersifat nonpatogen terdapat pada kulit, saluran pencernaan, dan saluran kelamin perempuan. Keberadaan bakteri alami dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen karena bakteri patogen berusaha memasuki tubuh harus bersaing terlebih dulu

2. Pertahanan tubuh lapis kedua

Pertahanan tubuh lapis kedua meliputi:

a Fagositosis

Fagosit adalah leukosit yang memiliki kemampuan menelan dan menghancurkan mikroba dan material asing yang masuk ke dalam tubuh. Fagosit dihasilkan oleh sumsum tulang. Contoh fagosit antara lain makrofag, neutrofil, dan eosinofil. Makrofag, neutrofil dan eosinofil berasal dari monosit, yang merupakan bagian dari sel darah putih. Monosit, neutrofil dan eosinofil yang dihasilkan disumsum

merah bersifat fagositik dan masuk ke jaringan yang terinfeksi. Eosinofil merupakan fagosit yang lemah, tetapi berperan penting dalam pertahanan tubuh melawan cacing.

Mekanisme fagositosis adalah sel yang rusak oleh mikroba akan menghasilkan sinyal kimiawi yang berfungsi memanggil neutrofil. Neutrofil mendatangi sel-sel yang rusak ini dan masuk ke jaringan yang terinfeksi. Caranya, neutrofil akan keluar dari pembuluh darah dengan menembus dinding kapiler. Neutrofil akan keluar menelan dan menghancurkan mikroba tersebut. Satu neutrofil mampu memfagosit 5-20 bakteri. Saat neutrofil melakukan tugasnya melawan antigen, monosit akan menyusul mendatangi daerah luka. Monosit merupakan sel yang belum masak dan kurang bersifat fagosit. Dalam waktu 12 jam setelah monosit meninggalkan darah dan masuk ke jaringan, monosit akan membesar dan menghasilkan banyak lisosom. Lisosom berkembang menjadi makrofag. Makrofag menggantikan fungsi neutrofil dalam pertempuran melawan antigen. Makrofag mampu memfagosit 100 bakteri dengan cara menempel ke bakteri dengan kaki pseudopodiumnya kemudian merusaknya.

b Sel Natural Killer (NK)

Sel NK berjaga di sistem peredaran darah dan limfatik. Sel NK merupakan sel pertahanan yang mampu melisis dan membunuh sel-sel kanker serta sel-sel tubuh yang terinfeksi virus sebelum diaktifkannya sistem kekebalan adaptif. Sel NK tidak bersifat fagositik. Sel-sel ini membunuh dengan cara menyerang membrane sel target dan melepaskannya senyawa kimia yang disebut *perforin*.

c Protein antimikroba

Protein antimikroba meningkatkan pertahanan dalam tubuh dengan melawan mikroorganisme secara langsung atau dengan menghalangi kemampuannya untuk

memproduksi. Protein antimikroba yang penting adalah interferon dan protein komplemen. Interferon adalah suatu protein yang dihasilkan oleh sel tubuh yang terinfeksi virus untuk melindungi bagian sel lain disekitarnya. Interferon mampu menghambat perbanyakan sel-sel yang terinfeksi, namun dapat meningkatkan diferensiasi sel-sel. Interferon dihasilkan dari limfosit T dan fungsinya adalah mencegah replikasi virus didalam sel yang terinfeksi dan penyebaran virus kesel yang sehat.

Sedangkan protein komplemen sekelompok plasma protein yang bersirkulasi didalam darah dalam keadaan tidak aktif. Protein komplemen dapat diaktifkan oleh munculnya ikatan antigen dan antibodi. Terdapat lebih dari 20 jenis protein komplemen. Protein ini dibentuk dihati. Ketika terjadi infeksi, antibodi terbentuk dan memicu terbentuknya protein komplemen akan memicu terbentuknya protein komplemen lainnya sehingga membentuk reaksi berantai. Protein komplemen membantu pertahanan lapis kedua dengan beberapa cara, antara lain sebagai berikut :

- 1) Menempel pada mikroba sehingga fagosit lebih mudah mengenalinya
 - 2) Merangsang fagosit untuk lebih aktif
 - 3) Memicu fagosit menuju lokasi terjadinya infeksi
 - 4) Menghancurkan membran mikroba yang menyerang
 - 5) Berperan dalam kekebalan yang diperoleh
- d Respon inflamasi

Inflamasi merupakan reaksi akibat timbulnya infeksi dan terbukanya arteriol disekitar daerah yang terluka sehingga suplai darah kedaerah yang terluka meningkat. Inflamasi dikontrol oleh sejumlah enzim dan beberapa komponen lainnya seperti *serotonin*, *platelet*, dan *basofil*. Tujuan respons inflamasi adalah untuk melindungi, mengisolasi, menonaktifkan, serta

menyingkirkan agen penyebab dan jaringan yang rusak sehingga berlangsung proses penyembuhan.

Serotonin dapat meningkatkan pelebaran arterioli dan permeabilitas jaringan pembuluh. Darah membawa fagosit ke daerah tersebut. Fagosit juga bergerak dari jaringan yang terdekat. Dinding kapiler semakin meningkat permeabilitasnya sehingga fagosit dapat keluar dari pembuluh kapiler ke daerah yang terluka. Fagosit yang tiba lebih dulu akan melepas senyawa kimia *histamin* untuk memicu lebih banyak fagosit bergerak ke daerah yang terinfeksi. Daerah yang mengalami inflamasi kemungkinan juga mengandung nanah (abses). Nanah berasal dari sel darah putih yang telah mati karena menelan bakteri. Nanah dapat diserap lagi oleh sel tubuh. Selanjutnya, proses perbaikan jaringan dan tanda-tanda inflamasi menghilang.

Mekanisme Pertahanan Tubuh Spesifik

Jika pertahanan lapis pertama dan kedua tidak dapat membendung serangan bakteri atau mikroba patogen, maka kehadiran patogen tersebut akan memicu pertahanan lapis ketiga untuk aktif. Pertahanan itu melibatkan respons spesifik oleh sistem imun terhadap infeksi khusus sehingga memperoleh kekebalan (imunitas). Imunitas spesifik yang diperoleh seseorang biasanya dapat bertahan lama, bahkan seumur hidup. Imunitas spesifik melibatkan dua jenis limfosit. Kedua limfosit dibentuk di sumsum tulang dan setelah dilepaskan di aliran darah limfosit lebih lanjut diproses untuk membuat dua jenis sel yang secara fungsional berbeda. Sebagian limfosit yang telah dewasa di dalam sumsum tulang berubah menjadi *limfosit B* atau disebut *sel B*. Sebagian limfosit yang belum mencapai tahap dewasa akan meninggalkan sumsum tulang menuju kelenjar timus dan berubah menjadi *limfosit T* atau *sel T*.

Sel-sel yang berperan dalam imunitas spesifik, yaitu :

1. Limfosit B (Sel B)

Limfosit B terbatas berada di jaringan limfoid (misal : limpa dan nodus limfa). Sekitar 20 - 40% limfosit darah adalah sel B. dalam perkembangannya sel B akan berubah menjadi sel plasma yang akan menghasilkan antibodi bila terangsang karena invasi antigen. Sel B memiliki immunoglobulin pada permukaannya. Limfosit B meliputi: sel plasma dan sel B memori.

2. Limfosit T (Sel T)

Sel T yang telah diaktifkan didalam kelenjar timus dilepaskan ke sirkulasi darah. Sel T normal sebanyak 70% dari limfosit darah. Saat sel T terpapar antigennya untuk pertama kali, sel T menjadi tersensitasi. Jika antigen berasal dari luar tubuh, antigen perlu ditampilkan pada permukaan sel penampil antigen yaitu makrofag yang merupakan bagian pertahanan non-spesifik karena makrofag menelan dan mencerna antigen tanpa membedakan, namun juga berpartisipasi dalam respons imun. Setelah makrofag mencerna antigen, makrofag membawa sebagian sisa antigen dimembran selnya. Sel T jumlahnya terbatas dan sel T tidak membentuk antibodi. Ada empat jenis limfosit T dengan fungsi yang berbeda-beda, yaitu: sel T memori, sel T sitotoksik, sel T helper, dan sel T supresor.

IX.5. Macam-macam kekebalan tubuh manusia

Dilihat dari segi imunologis, kekebalan tubuh dibagi dua, yaitu:

1. Kekebalan aktif

Kekebalan aktif adalah bila tubuh menghasilkan antibodi untuk melawan antigen. Kekebalan aktif dibagi dua, yaitu: kekebalan aktif alami (kekebalan yang didapatkan setelah sembuh dari sakit, misalnya orang kebal terhadap cacar setelah sembuh dari

penyakit cacar), kekebalan aktif buatan (Kekebalan ini diperoleh setelah orang mendapatkan vaksinasi).

2. Kekebalan pasif

Kekebalan pasif adalah kekebalan yang didapat dari pemindahan antibodi dari suatu individu ke individu lainnya. Kekebalan pasif dibagi dua, yaitu: kekebalan pasif alami dan kekebalan pasif buatan (Kekebalan yang diperoleh seseorang dari antibodi luar dengan tujuan pengobatan maupun pencegahan. Misalnya, pemberian Anti Tetanus Serum (ATS) sebagai usaha pencegahan).

IX.6. Kelainan atau penyakit pada system imunitas manusia

Berikut ini adalah kelainan dan penyakit lain yang berkaitan dengan sistem imun manusia, sebagai berikut:

1. AIDS

Penyakit ini dikarenakan defisiensi virus yang menyerang sistem kekebalan tubuh manusia. HIV menginfeksi sel T limfosit yang menghasilkan antibodi. Sel T yang terinfeksi membentuk virus baru dalam jangka waktu yang lama. HIV menetap selama bertahun-tahun dan menyerang sistem imun perlahan-lahan. Biasanya penderita AIDS akan meninggal jika terjadi komplikasi berbagai infeksi dalam tubuhnya akibat tidak berfungsinya sistem kekebalan tubuh.

2. Autoimunitas

Autoimunitas adalah suatu kelainan dimana sistem kekebalan tubuh manusia menyerang jaringan tubuh sendiri. Contohnya penyakit Addison kalenjar adrenal, toroiditis, anemia pernisisus dan lupus.

3. Alergi

Sel mastosit dan sel basofil adalah sel imun yang terkait dengan alergi. Sedangkan antigen IgE mampu melawan antigen seperti debu, serbuk sari, dan spora.

DAFTAR PUSTAKA

- Ganong, W.F. 2013. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*, Edisi 20. Jakarta: EGC.
- Guyton, A.C., & Hall, J.E. 2013. *Fisiologi Kedokteran*. Jakarta: EGC.
- Nurrachmah, Elly. 2010. *Dasar-dasar Anatomi dan Fisiologi*. Jakarta : Salemba Medika
- Sherwood, L. 2001. *Fisiologi Manusia*. Edisi 2. Jakarta: EGC.
- Sujaidi, Dkk. 2007. *Biologi Sains dalam Kehidupan*. Surabaya : Yudhistira.
- Syaifuddin. 2009. *Anatomi Tubuh Manusia, edisi 2*. Jakarta : Salemba Medika.

Latihan Soal

1. Apa sajakah organ-organ dan jaringan sistem limfatik?
2. Apakah fungsi sistem limfatik?
3. Apa sajakah jenis-jenis imunitas pada manusia?
4. Terdiri atas apa sajakah sistem kekebalan spesifik?
5. Apa sajakah jenis dan fungsi limfosit?

BAB X

Sistem Perkemihan

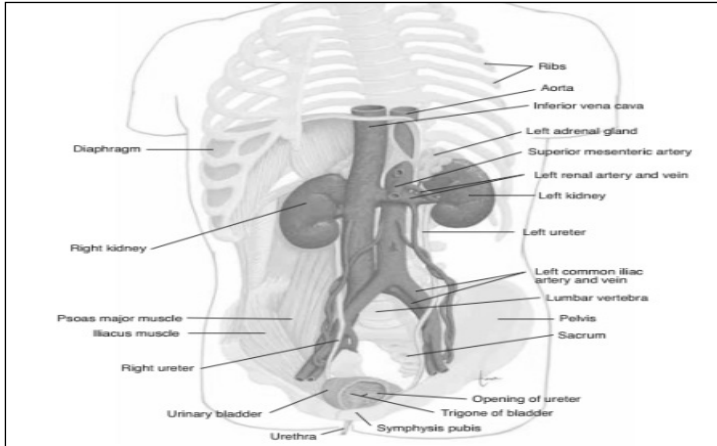
Oleh: Al Afik, S. Kep., Ns., M. Kep.

Tujuan Pembelajaran

1. Mampu memahami dan menjelaskan kembali prinsip dasar system perkemihan
2. Mampu memahami anatomi dan fisiologi system perkemihan
3. Mampu memahami pembuluh darah dan syaraf ginjal
4. Mampu memahami persyarafan ginjal
5. Mampu memahami fungsi ginjal
6. Mampu memahami tentang ureter
7. Mampu memahami tentang mikturisi
8. Mampu memahami tentang uretra
9. Mampu memahami tentang proses pembentukan urin
10. Mampu memahami faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi produksi urin

X. 1. Prinsip dasar sistem perkemihan

Berkemih adalah salah satu proses eliminasi dalam tubuh manusia, yang berlangsung setiap waktu selama manusia itu masih hidup. Kebutuhan dasar ini memerlukan struktur secara anatomi yang disebut *urinary tract*, mulai dari dua ginjal, dua ureter, satu vesica urinaria, dan satu uretra (Gambar 10.1).

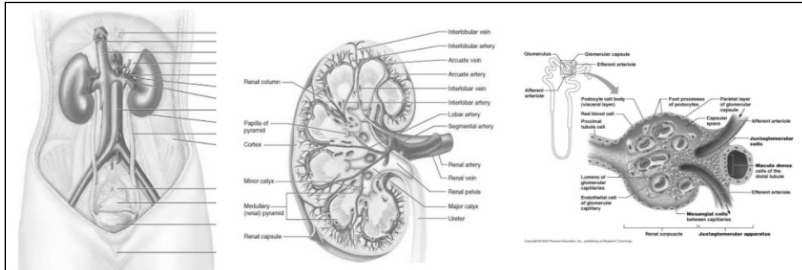


Gambar 10. 1. Anatomi sistem perkemihan (Tortora, 2012)

Proses berkemih secara fisiologi memerlukan beberapa komponen mulai dari terbentuknya urin yaitu filtrasi, reabsorpsi, dan proses sekresinya kemudian peran saraf urinari dan hormonal yang terlibat pada masing-masing proses. Plasma darah yang di filter oleh ginjal dan sebagian besar air dan zat yang terlarut ke aliran darah. Sisa air dan zat terlarut merupakan urin, yang dialirkan melalui ureter, kemudian disimpan dikandung kemih dan terjadi proses ekskresi dari tubuh melalui uretra yang berada pada alat kelamin manusia.

X. 2. Anatomi dan Fisiologi Sistem Perkemihan

Ginjal terletak pada dinding posterior di belakang peritoneum pada kedua sisi vertebra torakalis ke-12 sampai vertebra lumbalis ke-3. Tubuh manusia memiliki dua ginjal ada disisi kanan dan disisi kiri. Ginjal kanan sedikit lebih rendah dari ginjal kiri, karena adanya lobus hepatis dextra yang besar. Bentuk ginjal seperti biji kacang.



Gambar 10. 2. Struktur ginjal dan letak didalam tubuh (Tortora, 2012)

Gambar di atas menunjukkan ginjal terletak di rongga perut atau abdomen dan berada pada *retroperitoneal* yaitu berada di luar dari peritoneum, ginjal antara lapisan peritoneum dengan dinding posterior abdomen.

Ginjal kanan memiliki resiko trauma yang menyebabkan kerusakan yang signifikan apabila costa terakhir ini mengalami patah tulang atau retak sehingga dapat menusuk ginjal kanan, hal ini karena posisinya yang lebih rendah.

Fascia renalis

Fascia renalis terdiri dari: a) fascia (fascia renalis), b) jaringan lemak perirenal, dan c) kapsula yang sebenarnya (kapsula fibrosa), meliputi dan melekat dengan erat pada permukaan luar ginjal.

Struktur ginjal

Ginjal secara anatomi terdiri dari bagian luar (*External Anatomy*) dan bagian dalam (*Internal Anatomy*)

1. *External anatomy*

Ginjal orang dewasa memiliki panjang 10-12 cm, lebar 5-7 cm, tebal 3 cm, dan memiliki berat 135-150 gram.

a Renal capsule

Ginjal terbungkus oleh selaput tipis yang disebut kapsula fibrosa, terdapat korteks renalis di bagian luar, yang berwarna

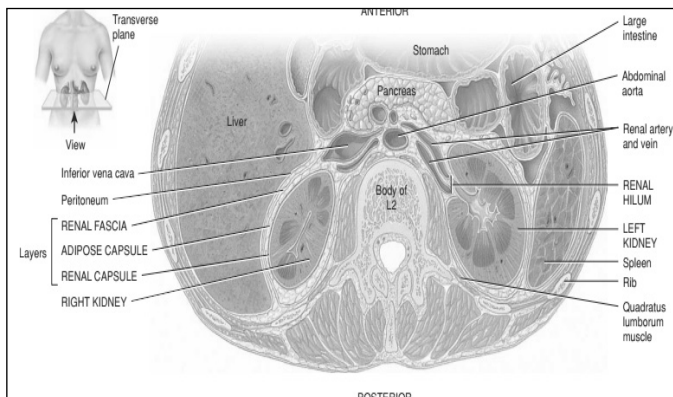
cokelat gelap, medulla renalis di bagian dalam yang berwarna cokelat lebih terang dibandingkan korteks. Bagian medulla berbentuk kerucut yang disebut piramides renalis, puncak kerucut tadi menghadap kaliks yang terdiri dari lubang-lubang kecil yang disebut papilla renalis (Panahi, 2010).

b Hilum

Hilum adalah pinggir medial ginjal berbentuk konkaf sebagai pintu masuknya pembuluh darah, pembuluh limfe, ureter dan nervus. Pelvis renalis berbentuk corong yang menerima urin yang diproduksi ginjal. Terbagi menjadi dua atau tiga calices renalis majores yang masing-masing akan bercabang menjadi dua atau tiga calices renalis minores. Struktur halus ginjal terdiri dari banyak nefron yang merupakan unit fungsional ginjal. Diperkirakan ada 1 juta nefron dalam setiap ginjal.

c Renal fascia

Lapisan tipis dari jaringan ikat tidak teratur yang berfungsi untuk menyandarkan ginjal ke struktur sekitarnya dan dinding perut. Pada permukaan depan ginjal, fascia ini jauh ke peritoneum.



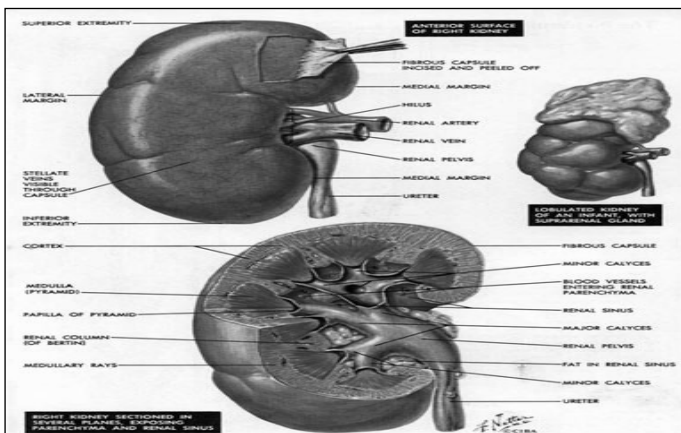
Gambar 10. 3. Pandangan inferior bagian melintang abdomen (Tortora, 2012)

2. Internal anatomy

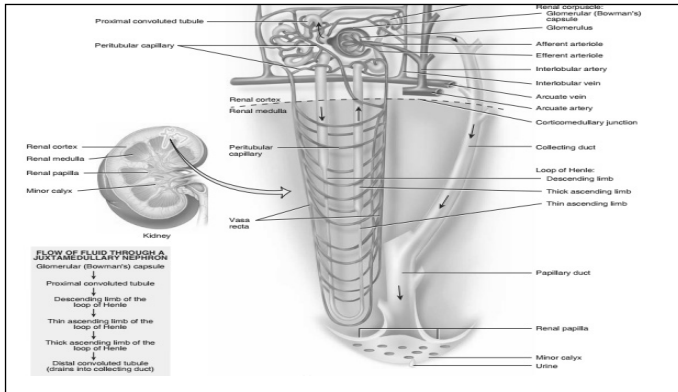
Gambar 10. 4 menjelaskan bagian ginjal terbagi menjadi tiga yakni: 1. capsula fibrosa, 2. cortex renalis (coklat gelap) dan medulla renalis dibagian dalam (cokelat terang), 3. Bagian medulla, berbentuk kerucut yang disebut *pyramides renalis*, puncak kerucut tadi menghadap **kaliks** yang terdiri dari lubang-lubang keccil disebut **papilla renalis**

Bagian depan ginjal terdiri dari dua bagian: superficial, disebut area **renal cortex** dan bagian dalam disebut area **renal medulla**. Bagian medulla ini terdiri dari beberapa piramida ginjal berbentuk kerucut.

Nefron terdiri dari: glomerulus, Kapsula Bowman dan Tubulus (proximal, ansa henle, tubulus distal) dan Duktus kolektifus. Nefron merupakan unit fungsional terdiri dari dua bagian yang bernama *corpuscle renal* sebagai penyaring plasma darah. Bagian kedua adalah tubulus sebagai tempat penyaring cairan. 3 urutan perjalanan cairan dalam nefron, (1) proximal berbelit-belit, (2) melengkung Henle, dan (3) tubulus distal yang juga bebelit-belit.



Gambar 10. 4. Anatomy internal ginjal (Sobota, 2013)



Gambar 10. 5. Bagian dari nefron dan perjalanan cairan di nefron (Tortora, 2012)

Bagian-bagian nefron menurut Gambar 10. 5 adalah sebagai berikut:

Glomelorus, berbentuk bola kapiler dari arterioli afferent yang bersatu menuju arterioli efferent. Sebagai tempat filtrasi air dan zat terlarut dalam darah.

Capsula Bowman, bagian dari tubulus yang melingkupi glomerulus untuk mengumpulkan cairan yang difiltrasi oleh kapiler glomerulus.

Tubulus Proximal melakukan reabsorpsi cairan dari tubuli dan mensekresi ke dalam cairan tubuh. **Ansa Henle (letter U)**, berfungsi reabsorpsi bahan-bahan dari cairan tubulus dan sekresi bahan-bahan ke dalam cairan tubulus. Selain itu berperan penting dalam mekanisme konsentrasi dan dilusi urin.

X. 3. Pembuluh darah dan syaraf ginjal

Peredaran darah ginjal terdiri dari beberapa komponen. Arteri didalam ginjal dibagi dalam beberapa segmen, setiap segmen bercabang-cabang memasuki parenkim dan melewati renal. Bagian antara piramida renal terdapat arteri interlobaris renal. Sedang di

pagkal piramida terdapat arteri akuarta berbentuk seperti busur. Akuarta ini ini menghasilkan serangkaian interlobular. Interlobular memasuki renal cortex dan mengeluarkan cabang yang disebut a-fferent arterioles.

Setiap satu nefron menerima arteriol aferen yang terbagi menjadi jaringan kapiler berbentuk bola yang disebut glomerulus. Kapiler-kaliler ini kemudian berkumpul membentuk arteriol e-fferen yang membawa darah keluar dari glomerulus. Kapiler glomerulus memiliki keunikan yaitu di bentuk dari dua arteriole bukan antara arteriole dan venula seperti pada kapiler-kapiler ditempat lain. Karena kapiler ini juga berperan penting dalam pembentukan urin. Glumeruli ini disebut juga bagian dari sistem urinary dan sistem kardiovascular.

Arteriol e-fferen terbagi membentuk kapiler tubulus yang mengelilingi tubular nefron di cortex ginjal. Kapiler eferen disebut juga Vasa Recta (berbentuk lingkaran panjang), tugasnya memasok darah tubular nefron di medulla renalis.

X. 4. Persyarafan Ginjal

Persyarafan ginjal dimulai dari **flesus renalis** (vasomotor) yang berfungsi mengatur jumlah darah yang masuk kedalam ginjal. Saraf ini berjalan bersamaan dengan pembuluh darah yang masuk ke ginjal.

X. 5. Fungsi ginjal.

Ginjal selain memiliki fungsi utama dalam sistem perkemihan juga memiliki peran penting dalam tubuh manusia, yaitu:

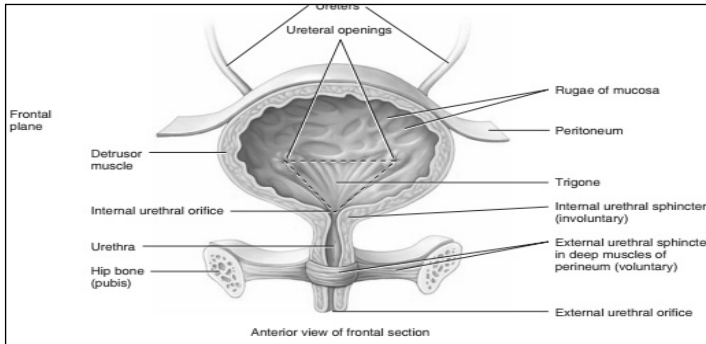
1. Berfungsi mengatur komposisi ion darah. Ion penting yang diatur adalah natrium (Na^+), potassium (K^+), kalsium (Ca^{+2}), klorida (Cl^-), dan fosfat (HPO_4^{2-})
2. Mengatur pH darah. Ginjal mengeluarkan ion hydrogen (H^+) kedalam urin untuk menghemat ion bicarbonate (HCO_3^-) yang merupakan penyangga penting dari H^+ didalam darah.
3. Mengatur volume darah, dengan mengkonversi atau

menghilangkan air dalam urin. Kenaikan dan penurunan darah ini dapat meningkatkan dan menurunkan tekanan darah.

4. Ginjal dapat membatu mengatur tekanan darah dengan mengeluarkan enzim rennin dengan mengaktifkan jalur rennin-angiotensin-aldosteron.
5. Mengatur osmolaritas darah, yaitu dengan mengatur secara terpisah hilangnya air dan hilangnya zat terlarut dalam urin. Pengaturan ini relative konstan mendekati 300 miliosmol (mOsm/liter)
6. Menghasilkan dua hormon yaitu Calcitriol yang berfungsi sebagai pengatur kalsium (bentuk aktif vitamin D) dan hormone eritropoietin dengan fungsi mestimulasi produksi sel darah merah (haematokrit)
7. Mengatur kadar glukosa dalam darah. Ginjal menggunakan asam amino glutamin untuk proses glukoneogenesis guna sintesis glukosa baru. Kemudian glukosa tersebut dilepas dalam darah untuk menjaga kadar glukosa darah tetap normal.
8. Ginjal mensekresi limbah dan zat asing termasuk ammonia, urea, bilirubin dengan membentuk urin dan dikeluarkan lewat tubuh melalui saluran sistem perkemihan.

X. 6. Ureter

Terdiri dari 2 saluran pipa masing-masing bersambung dari ginjal ke vesika urinaria. Panjangnya $\pm 25-34$ cm, dengan penampang 0,5 cm. Ureter sebagian terletak pada rongga abdomen dan sebagian lagi terletak pada rongga pelvis. Lapisan dinding ureter menimbulkan gerakan-gerakan peristaltik yang mendorong urin masuk ke dalam kandung kemih.



Gambar 10. 6. Ureter (Tortora, 2012)

Lapisan dinding ureter terdiri dari: Dinding luar jaringan ikat (jaringan fibrosa), Lapisan tengah lapisan otot polos. Lapisan sebelah dalam lapisan mukosa. Lapisan di ureter ini berfungsi sangat efektif, saat kandung kemih (VU) terisi penuh, maka tidak akan kembali kem ureter walaupun tidak ada katup khusus di ureter ini. Hal ini disebabkan lapisan ureter ini akan melakukan gerakan mengkompres dan agak miring sehingga tidak ada *backflow of urine*. Katup fisiologis ini akan bermanfaat juga mencegah terjadinya uretritis bahkan infeksi di ginjal, akibat kuman akan bergerak naik ketika katup fisiologis ini tidak berfungsi.

Lapisan mukosa di ureter berlendir yang disekresikan oleh sel-sel goblet mukosa mencegah sel-sel bersentuhan langsung dengan urin. Lapisan superfisial ureter adalah adventitia, lapisan jaringan ikat areolar yang mengandung pembuluh darah, pembuluh limfatik, dan pembuluh saraf yang melayani muskularis dan mukosa dalam ureter.

Lapisan dinding ureter menimbulkan gerakan-gerakan peristaltik, untuk mencegah refluk urin dan mencegah kuman masuk ke ureter dan ginjal. Ada kemungkinan juga karena zat-zat yang terkandung dalam urin mengandung zat-zat tertentu termasuk oxalat dan zat lain pembentuk batu, sehingga dapat terjadi adanya batu yang menyumbat di ureter (urolitiasis).

X. 7. Vesika urinaria

Vesika urinaria (kandung kemih) bekerja sebagai penampung urin. Organ ini berbentuk seperti buah pir (kendi). Letaknya di belakang simfisis pubis di dalam rongga panggul. Vesika urinaria dapat mengembang dan mengempis seperti balon karet. Vesika urinaria ini berbentuk bulat ketika kosong dan buncit ketika terisi urin. Vesika urinaria merupakan organ berongga dan berotot yang pada laki-laki batas anterior adalah rektum, sedangkan pada perempuan batas anterior ke vagina dan inferior uterus. Kapasitas VU dapat menampung urin rata-rata 700-800 ml, ini pada perempuan lebih kecil dikarenakan adanya uterus.

Pada dinding bagian bawah VU terdapat ``*trigone*`` yaitu area segitiga kecil, dinamakan pada sudut posterior trigone terdapat dua pintu ujung dari ureter, sedang pada bagian anterior VU terdapat lubang yang menuju ke uretra. Komponen dari lubang ini terdapat mukosa yang terikat kuat disebut ***uretra internal orifice***.

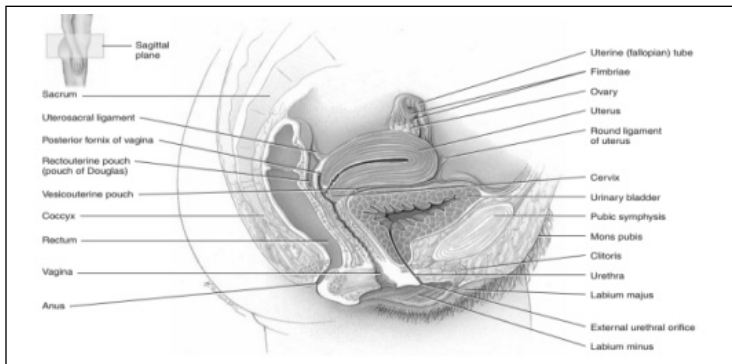
Tiga lapisan dalam VU yaitu bagian dalam ada lapisan **mucosa** terdirilapisan epitel **mucosa transitional epithelium** dan **lamina propia**, juga adanya **rugae**. Lapisan otot mengelilingi mukosa dimana bagian otot tengah disebut otot ``*detrusor*`` yang terdiri dari 3 lapisan serat otot polos (longitudinal dalam, lingkaran tengah dan longitudinal terluar).

Vesika urinaria pada permukaan uretra terdiri dari serat sirkular membentuk sfingter uretra eksternal yang tersusun dari otot skelet dan modifikasi otot-otot di perineum. Pada lapisan permukaan VU bagian anterior dan posterior adalah adventitia, jaringan ikat yang berhubungan langsung ke ureter. Diatas permukaan superior dari kandung kemih adalah lapisan serosa.

X. 8. Uretra

Uretra merupakan saluran sempit yang berpangkal pada vesika urinaria yang berfungsi menyalurkan air kemih ke luar. Uretra pada

wanita panjangnya kira-kira 3,7-6,2 cm rata-rata panjang nya 4 cm (1,5). Sphincter uretra terletak di sebelah atas vagina (antara clitoris dan vagina) dan uretra disini hanya sebagai saluran ekskresi. Uretra ini tepat di posterior simfisis pubis, arah miring inferior dan anterior. Lubang keluar uretra terletak antara klitoris dan lubang vagina (Gambar 10. 7).



Gambar 10. 7. Uretra pada wanita (Tortora, 2012)

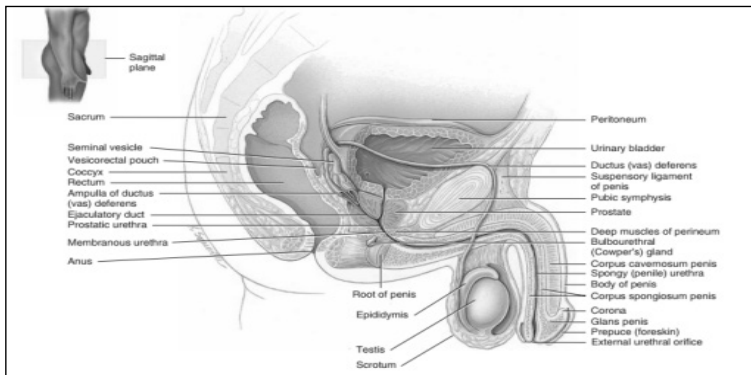
Dinding uretra perempuan terdiri atas mukosa dan muskularis superficial. Selaput lendir ini terdiri dari epithelium dan lamina propria Jaringan ikat yang bersifat elastic. Lapisan otot pada uretra terdiri dari serat otot polos yang berbentuk bulat dan tersambung langsung dengan VU. Lapisan uretra terdekat dengan VU adalah mukosa mengandung epithelium transisional, sedangkan bagian ujung uretra terdapat lapisan epitel skuamosa berlapis yang tidak berkelatin, dan diantara area ini terdapat mukosa kolumnar bertingkat atau epitel kolumnar pseudostratifikasi.

Pada laki-laki panjangnya kira-kira 13,7-16,2 cm, terdiri dari: (1) uretra pars prostatika melewati organ prostat, (2) uretra pars membranosa bagian tengah merupakan bagian terpendek yang melewati otot-otot perineum, (3) uretra pars spongiosa, merupakan bagian terpanjang yang melewati penis. Lapisan ephitelium prostat

yang berhubungan langsung dengan VU dan terdiri dari epitel transisi, dan membentuk kolumnar bersusun yang disebut pseudostratifikasi. Epitel uretra spongiosa berbentuk kolumnar bersusun kecuali yang dekat dengan orifisium uretra eksternal (OUE).

Uretra laki-laki juga sebagai jalur reproduksi, (lihat gambar 10.8). Uretra prostat memiliki dua peran dalam sistem reproduksi; (1) saluran yang mengangkut sekresi dari prostat dan (2) vesikula seminalis dan duktus vas deferens, yang mengantarkan sperma ke uretra serta memberikan sekresi yang menetralkan keasaman saluran reproduksi perempuan dan berkontribusi terhadap motilitas kelangsungan hidup sperma.

Pada uretra spongiosa ada kelenjar *Cowper's* dari saluran *bulbourethral*, berfungsi memberikan zat alkali sebelum ejakulasi dengan menetralkan keasaman uretra. Kelenjar ini juga mengeluarkan lendir yang melumasi ujung penis selama gairah seksual.



Gambar 10. 8. Uretra laki-laki (Tortora, 2012)

X. 9. Mikturisi

Mikturisi adalah proses keluarnya urin dari Vesica Urinaria (VU), juga dikenal buang air kecil atau berkemih, terjadi melalui kombinasi kontraksi otot spontan dan otomatis. Hal ini bermula ketika volume

urin dikandung kemih mencapai 200-400 ml akan terjadi tekanan di VU meningkat dan meregangkan reseptor di dinding VU kemudian mengirimkan impuls saraf ke saraf tulang belakang.

Impuls ini menyebar ke pusat mikturisi yang berda di vertebra sakralis segmen S2 dan S3 dan memicu reflek spinal yang disebut reflek berkemih. Reflex parasimpatis ini menyebar ke VU dan sfingter uretra internal. Impuls saraf juga menyebabkan kontraksi otot detrusor dan relaksasi internal otot sfingter uretra. Bersamaan dengan hal ini, pusat miksi menghambat neuron motorik somatik yang mensarafi otot skeletal pada sfingter uretra uretra eksternal. Saat kontraksi VU dan relaksasi sfingter uretra terjadilah buang air kencing.

X. 10. Proses pembentukan urin

Proses pembentukan urin dijelaskan sebagai berikut dibawah ini:

1. Proses filtrasi di glomerulus

Terjadi penyerapan darah yang tersaring adalah bagian cairan darah kecuali protein. Cairan yang tersaring ditampung oleh simpai bowmen yang terdiri dari glukosa, air, sodium, klorida, sulfat, bikarbonat dll, diteruskan ke tubulus ginjal. Cairan yang disaring disebut filtrat glomerulus.

2. Proses reabsorpsi

Pada proses ini terjadi penyerapan kembali sebagian besar dari glukosa, sodium, klorida fosfat dan beberapa ion bikarbonat. Prosesnya terjadi secara pasif (obligator reabsorpsi) di tubulus proximal. Sedangkan pada tubulus distal terjadi kembali penyerapan sodium dan ion bikarbonat bila diperlukan tubuh. Penyerapan terjadi secara aktif (reabsorpsi fakultatif) dan sisanya dialirkan pada papilla renalis.

3. Proses sekresi

Sisa dari penyerapan kembali yang terjadi di tubulus distal dialirkan ke papilla renalis selanjutnya diteruskan ke luar

Setelah terjadi proses sekresi dihasilkan produk yang disebut sebagai urin. Sifat fisis urin terdiri dari:

- a. Jumlah ekskresi dalam 24 jam \pm 1.500 cc tergantung dari pemasukan (intake) cairan dan faktor lainnya.
- b. Warna bening kuning muda dan bila dibiarkan akan menjadi keruh.
- c. Warna kuning tergantung dari kepekatan, diet, obat-obatan dan sebagainya.
- d. Bau, bau khas air kemih bila dibiarkan lama akan berbau amoniak.
- e. Berat jenis 1,015-1,020.
- f. Reaksi asam,
Komposisi air kemih, terdiri dari:
 - a. Air kemih terdiri dari kira-kira 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 dan urobilin).
 - e. Toksin. Hormon

X. 11. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi urin

Urin yang kita keluarkan setiap hari selalu berbeda-beda jumlahnya, hal ini disebabkan oleh pengaruh dari beberapa faktor yaitu:

1. Hormon antidiuretic (ADH)

ADH berfungsi mengatur reabsorpsi air pada tubulus kolektivus ginjal, dan vasokonstriksi (penyempitan) pembuluh darah oleh karena itu disebut juga vasopresin. ADH juga dikenal sebagai **vasopresin**.

Hormon antidiuretik ((ADH) adiuretin, vasopresin) dibentuk di nucleus supraoptikus dan paraventrikular hipotalamus, dan ditransport ke lobus posterior kelenjar hipofisis melalui akson neuron penghasil hormon. ADH melalui reseptor V2 dan cAMP

menyebabkan penggabungan kanal air ke dalam membran lumen sehingga meningkatkan reabsorpsi air pada tubulus distal dan duktus koligentes ginjal. ADH juga merangsang absorpsi Na⁺ dan urea di tubulus. Konsentrasi ADH yang tinggi juga menyebabkan vasokonstriksi (melalui reseptor V1 dan IP3).

2. Jumlah air yang diminum

Jika jumlah air yang diminum seseorang banyak, maka konsentrasi protein darah menurun dan konsentrasi air meningkat. Oleh karena itu tekanan koloid menurun, sehingga tekanan filtrasinya menjadi kurang efektif. Akibatnya, air yang diserap berkurang. Hasilnya urin yang diproduksi meningkat.

3. Konsentrasi hormone insulin

Apabila konsentrasi hormon insulin rendah (misalnya pada penderita kencing manis), maka kadar gula dalam darah tinggi dan akan dikeluarkan melalui pembuluh distal. Keberadaan zat gula tersebut akan mengganggu proses penyerapan kembali air di dalam pembuluh distal, karena konsentrasi gula meningkat. Akibatnya penderita Diabetes Melitus (DM) akan sering berkemih.

DAFTAR PUSTAKA

- Tortora, G. J & Derrickson B. 2013. *Principles of ANATOMY &PHYSIOLOGY*, 13th Edition, John Wiley & Sons, Inc. 111 River Street, Hoboken, NJ USA.
- Guyton, A C & Hall J E. 2006. *TEXTBOOK OF MEDICAL PHYSIOLOGY*, Elsevier Saunders, Elsevier Inc. 1600 John F. Kennedy Blvd., Suite 1800 Philadelphia, Pennsylvania 19103-2899.
- Paulsen F & Waschke J. 2013. *Sobotta Atlas Anatomi Manusia: Anatomi Umum dan Muskuloskeletal*. Penerjemah: Brahm U. Penerbit. Jakarta : EGC

Latihan soal

1. Ners Wati sedang bertugas di ruang penyakit dalam, ditanya pasiennya, mengapa saat cuaca dingin banyak kencing, Faktor apakah yang mempengaruhi kondisi tersebut?
 - A. Hormon ADH
 - B. Jumlah Air yang diminum
 - C. Konsentrasi Insulin
 - D. Jumlah asupan makanan
 - E. Jumlah aktifitas

2. Seorang laki-laki 20 tahun dalam 24 jam kencing 5 kali, dalam proses pembentukan urin terjadi penyerapan darah yang tersaring adalah bagian cairan darah kecuali protein, hal tersebut termasuk dalam proses apa?
 - A. Filtrasi, di glomerulus
 - B. Absorsi di glomerulus
 - C. Reabsorsi di tubulus
 - D. Skresi ditubulus
 - E. Ditampung dalam simpai bowman

3. Seorang anak 10 tahun, kencing berwarna kuning pekat, sifat fisis apakah yang mempengaruhi warna urin tersebut?
 - A. Pigmen (bilirubin dan urobilin).
 - B. Air kemih terdiri dari kira-kira 95% air.
 - C. Zat-zat sisa nitrogen dari hasil metabolisme protein,
 - D. asam urea, amoniak dan kreatinin.
 - E. Elektrolit natrium, kalsium, NH₃, bikarbonat, fosfat dan sulfat.

4. Seorang pasien laki-laki 50 tahun, melaporkan kepada perawat kalau susah kencing, sistem syaraf apakah yang mempengaruhi proses kencing dalam pengosongan kandung kemih?
 - A. Reflek mikturisi
 - B. spinchter interna
 - C. detruksor relaxs
 - D. spinchter ekterna
 - E. Spinchter sympatis

5. Seorang laki-laki 20 tahun setelah berlari merasa haus, bagaimana mekanisme pertama dalam meregulasi keseimbangan air tubuh?
 - A. Terjadi deteksi oleh sel-sel osmoreseptor dan baroreseptor
 - B. Memberikan informasi ke hipotalamus
 - C. Merangsang sel tubulus kolektiva
 - D. Meningkatkan reabsorpsi air
 - E. Terjadi vasokonstriksi pembuluh darah

6. Hypothalamic osmoreceptors (major influence) how to proses
 - A. make excitatory synapses with ADH neurosecretory cells
 - B. mediated by stretch-sensitive atrial cells (low pressure baroreceptors or vascular volume receptors)
 - C. balance blood volume ADH
 - D. less sensitive (high threshold): 5-10% decrease in blood volume required for significant ADH increase
 - E. potent: once threshold is passed (e.g. serious dehydration), can cause large increase in ADH

7. Seorang perempuan 40 tahun, sering kencing dan tekanan darahnya juga meningkat, Hormon system apakah yang mengatur keseimbangan tekanan darah dan cairan dalam tubuh?
 - A. Renin Angiotensin aldosteron system (RAAS)
 - B. ADH system

- C. VSH system
 - D. ACE syatem
 - E. Inscreded angiotensin II saja
8. Ners ani sedang jaga diruang bedah, sedang menolong pasien perempuan berkemih dngan alat pispot, lapisan apakah yang menimbulkan gerakan peristaltic mendorong urin ke kandung kemih?
- A. Lapisan dinding ureter
 - B. Lapisan otot vesika urinary
 - C. Lapisan otot uretra
 - D. Jaringan fibrosa vesika urinary
 - E. Part uretra spongiosa
9. Seorang laki-laki 20 tahun berkemih 5-6 kali dalam 24 jam, degan warna bening, bagian apakah pada ginjal sebagai pintu masuk pembuluh darah, limfe, ureter dan nervus?
- A. Hillum
 - B. Calik
 - C. Tubulus
 - D. Fascia renalis
 - E. Korteks renalis
10. Seorang perempuan 30 tahun sering kencing karena minumnya bertambah, bagaimanakah fisologinya sehingga terjadi hal tersebut?
- A. Oleh karena tekanan koloid menurun
 - B. Konsentrasi protein darah meningkat
 - C. Kadar gula meningkat
 - D. Konsentrasi hormone insulin menurun
 - E. Hormone ADH meningkat

BAB XI

Sistem Respirasi

Oleh: Resti Yulianti Sutrisno, M. Kep., Ns., Sp. Kep. MB.

Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa mengetahui tentang overview system respirasi
2. Mahasiswa mengetahui tentang anatomi system respirasi
3. Mahasiswa mengetahui fisiologi respirasi
4. Mahasiswa mengetahui difusi gas pulmonal
5. Mahasiswa mengetahui difusi gas jaringan
6. Mahasiswa mengetahui transportasi oksigen dan karbondioksida
7. Mahasiswa mengetahui tentang control pernafasan
8. Mahasiswa mengetahui regulasi control pernafasan

XI. 1. Overview system respirasi

Sistem respirasi adalah sistem yang memiliki fungsi utama memperoleh oksigen untuk digunakan oleh sel tubuh dan mengeluarkan karbondioksida yang diproduksi oleh sel. Oksigen dari udara bebas akan masuk melalui jalan napas yang kemudian akan mengalami difusi di alveoli dan kapiler darah kemudian ditransportasikan ke seluruh tubuh sampai ke sel. Karbondioksida hasil metabolisme dari sel dikeluarkan melalui darah kemudian berdifusi di kapiler - alveoli dan dikeluarkan ke udara melalui jalan napas.

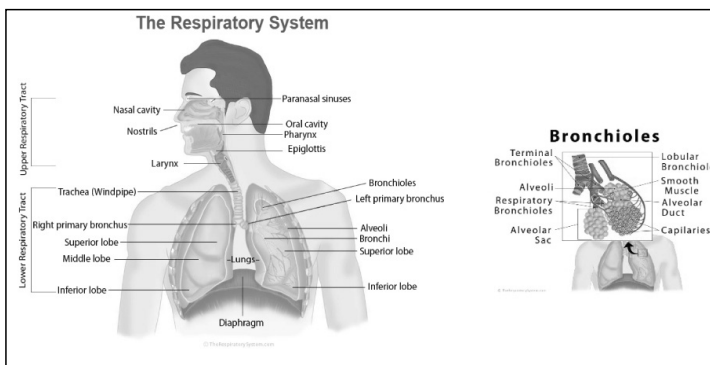
Sistem respirasi juga melaksanakan fungsi non respiratorik, yaitu melembabkan dan menghangatkan udara yang masuk saluran pernapasan; berperan dalam berbicara, menyanyi, vokalisasi; membantu mempertahankan keseimbangan asam basa; sebagai

penghidu (hidung); sistem pertahanan terhadap benda asing yang dihirup.

XI. 2. Anatomi system respirasi

Sistem respirasi mencakup saluran pernapasan yang menuju paru, paru-paru, dan otot pernapasan. Saluran pernapasan dapat dibagi secara anatomi maupun fungsional. Saluran pernapasan secara anatomi dibagi menjadi dua yaitu saluran pernapasan atas dan saluran pernapasan bawah (Gambar 1). Saluran pernapasan atas meliputi hidung, sinus paranasal, nasal cavity, faring, laring. Sedangkan saluran pernapasan bawah meliputi trakhea, bronkus, bronkiolus, dan alveoli.

Saluran pernapasan secara fungsional dibagi menjadi dua yaitu zona konduksi dan zona respirasi. Zona konduksi berperan sebagai saluran tempat lewatnya udara pernapasan, serta membersihkan, melembabkan dan menyamakan suhu udara pernapasan dengan suhu tubuh, serta proses pembentukan suara. Zona konduksi terdiri dari hidung, nasal cavity, faring, trakea, bronkus, serta bronkiolus terminalis. Sedangkan Zona respiratorik berperan sebagai tempat pertukaran oksigen dan karbondioksida antara udara dan darah. Zona respiratorik terdiri atas bronkiolus respiratorius, duktus alveolaris, saku alveolaris dan alveoli.



Gambar 11. 1. Saluran pernapasan (Therespiratorysystem, 2017)

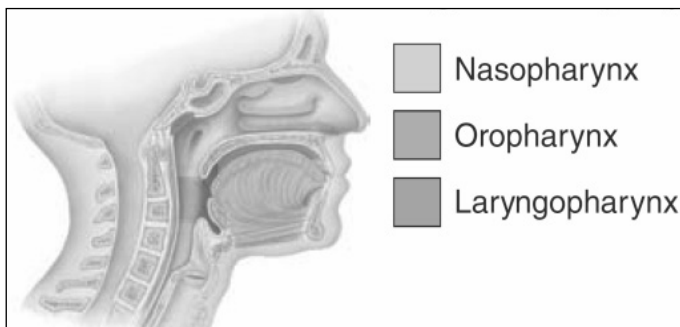
Hidung

Rongga hidung dimulai dari vestibulum yaitu pada bagian anterior ke bagian posterior yang berbatasan dengan nasofaring. Rongga hidung terbagi atas dua bagian yaitu secara longitudinal oleh septum hidung dan secara transversal adalah konka superior, medialis, dan inferior.

Rongga hidung tersusun atas beberapa komponen yaitu 1) vestibulum, berfungsi sebagai proteksi. Dilapisi oleh submucosa. 2) Rambut atau bulu hidung berfungsi sebagai penapis udara; 3) Struktur konka, berfungsi sebagai proteksi terhadap udara luar karena strukturnya yang berlapis; 4) Sel silia, berperan dalam melemparkan benda asing ke luar sebagai usaha untuk membersihkan jalan napas.

Rongga hidung dalam sistem pernapasan memiliki tiga fungsi utama yaitu 1) Fungsi preventif, diperankan oleh bulu hidung sebagai penyaring debu dan silia yang menyaring partikel asing, ditangkap di konka superior; 2) Fungsi lubrikasi, karena adanya lubrikasi dari kelenjar mukosa dan sel goblet membuat jalan napas menjadi tidak kering; 3) Fungsi pemanas dan pendingin udara, hal ini karena kayanya vaskularisasi di dalam rongga hidung yang berfungsi sebagai konduksi dari panas dan adanya perputaran udara inspirasi dan ekspirasi.

Faring

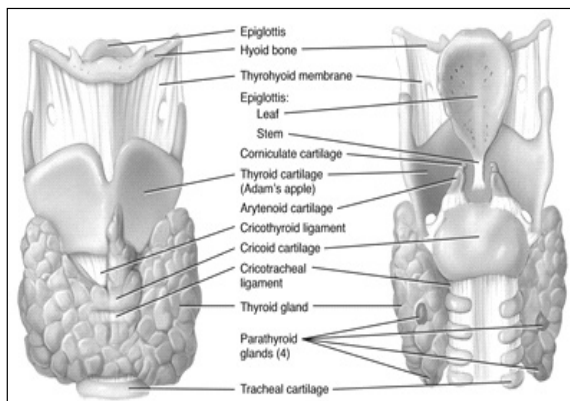


Gambar 11. 2. Faring (Tortora & Derrickson, 2012)

Faring merupakan bagian belakang dari rongga hidung dan rongga mulut. Terdiri atas tiga bagian (Gambar 2) yaitu 1) Nasofaring, merupakan bagian superior dari faring, terletak posterior ke rongga hidung dan meluas ke langit-langit lunak. Nasofaring dilapisi dengan epitel kolumnar bersilia dan silia yang memindahkan lendir turun ke bagian paling bawah dari faring.

Pada nasofaring juga terjadi pertukaran udara dengan saluran pendengaran sehingga berperan dalam mengontrol tekanan udara antara faring dengan telinga tengah; 2) Orofaring, merupakan bagian tengah dari faring, terletak posterior berbatasan dengan rongga mulut dan memanjang di langit-langit lunak inferior. Pada bagian ini terdapat fungsi pernapasan dan pencernaan, sehingga dilewati udara, makanan dan minuman. Oleh karena bagian orofaring sering terkena abrasi makanan maka dilapisi epitel squamosal nonkeratin. Pada bagian ini juga terdapat tonsil; 3) Laringofaring, merupakan bagian inferior dari faring, yang berbatasan dengan laring. Pada ujung inferiornya berhubungan dengan esophagus posterior (saluran makanan) dan anterior (suara)

Laring

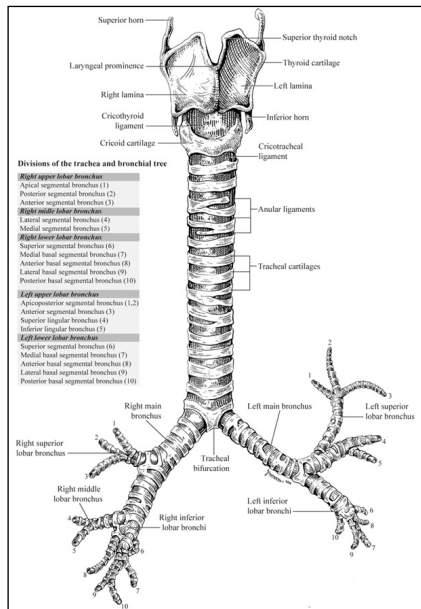


Gambar 11. 3. Laring (Tortora & Derrickson, 2012)

Laring atau kotak suara merupakan saluran pendek yang menghubungkan laringofaring dengan trakea. Terletak di garis tengah leher anterior ke kerongkongan dan antara cervical 4-6 (C4-C6). Dinding laring terdiri atas Sembilan tulang rawan. Tiga secara tunggal (kartilago tiroid, epiglottis, dan kartilago krikoid), dan tiga terjadi secara berpasangan (arytenoid, cuneiform, corniculate cartilage).

Tulang rawan tiroid terdapat pada laki-laki dan perempuan, tetapi biasanya lebih besar pada laki-laki karena hormone seks. Epiglottis merupakan tulang rawan yang bebas bergerak naik turun. Selama menelan, faring dan laring naik, epiglottis turun dan menutup. Glotis terdiri dari sepasang lipatan selaput lendir, pita suara dan ruang diantara mereka (rima glottis).

Trakhea



Gambar 11. 4. Trakea dan bronkus
(Medical-Legal Illustrator & Animator, n.d. 2018)

Trakhea merupakan Cincin tulang rawan yang tidak lengkap (berbentuk U). Panjangnya 10-20 cm. Dibentuk oleh 16-20 tulang rawan dan berakhir ketika bercabang dua karina. Bagian yang tidak berkartilago disebut Trakea membranosa, berada di posterior.

Pada ketinggian vertebra torakalis 4, trakhea bercabang dua di karina menjadi bronkus utama kanan dan kiri. Di atas tempat masuknya bronkus utama, kedua kartilago (tulang rawan) bertemu membentuk cincin sempurna, tidak hanya C, melainkan O.

Bronkus

Bronkus merupakan percabangan dari trakea yang membentuk bronkus utama kanan dan kiri. Bronkus lobaris merupakan percabangan dari bronkus utama. Bronkus utama kanan mempunyai 3 percabangan yakni superior, medialis, dan inferior. Bronkus utama kiri mempunyai 2 percabangan yaitu bronkus lobaris superior dan inferior. Bronkus segmental merupakan percabangan dari bronkus lobaris.

Sifat anatomis bronkus yaitu dibentuk dan ditopang oleh cincin kartilago, dilapisi oleh epitel kolumnar bersilia, mengandung otot polos, mendapatkan vaskularisasi dari arteri bronkialis, diameter lebih dari 2 mm, tidak ada alveoli di dindingnya. Bronkus bukan merupakan pipa yang kaku, melainkan saluran dari otot dengan inervasi vagal yang dapat membuatnya berdilatasi dan berkontraksi sebagai respon terhadap rangsangan neurohumoral dan kimia.

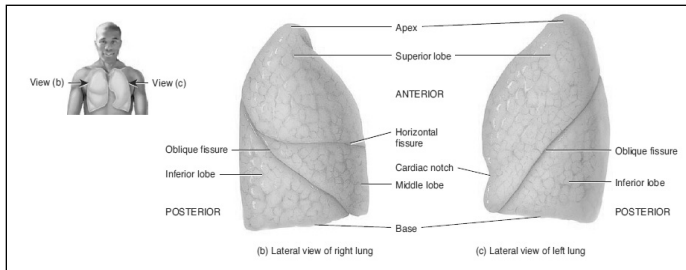
Bronkiolus

Bronkiolus merupakan saluran napas yang tidak berkartilago. Pada saat paru kolaps, bronkus besar masih tetap paten, sedangkan bronkus kecil, bronkiolus, dan alveolus ikut kolaps. Bronkiolus paling ujung (distal) disebut terminalis. 3-5 bronkiolus terminalis membentuk asinus. Secara fungsional, bronkiolus dibagi 2 bagian yaitu Bronkiolus non respiratorius, dimana tidak terdapat pertukaran gas dan Bronkiolus Respiratorius, dimana terjadi pertukaran gas,

bersama dengan duktus alveolaris dan sakus alveolaris

Paru-paru

Paru kanan terdiri atas 3 lobus dan 10 segmen. Paru kiri terdiri atas 2 lobus dan 8 segmen.



Gambar 11. 5. Pembagian lobus paru (Tortora & Derrickson, 2012)

Alveoli

Alveolus dibentuk dan dibatasi oleh dinding alveolus yang dibentuk oleh 2 macam sel, yaitu Sel Alveolar tipe I atau Pneumosit Tipe I, merupakan Sel Pneumosit Squamosa, berfungsi untuk pertukaran gas. Sedangkan Sel Alveolar tipe II atau Pneumosit Tipe II disebut juga Granular Pneumocyt. Tugas Pneumosit Tipe II yaitu menghasilkan surfaktan.

Terdapat lebih dari 300 juta gelembung alveoli dengan diameter 0,3 mm. Struktur gelembung ini cenderung tidak stabil. Adanya tegangan muka cairan yang melapisi alveoli menyebabkan gelembung cenderung menjadi kolaps. Namun berkat adanya surfaktan yang menurunkan tegangan muka cairan di dinding alveoli menyebabkan gelembung tersebut tidak mudah kolaps, tetapi mengembang dan stabil.

Otot pernafasan

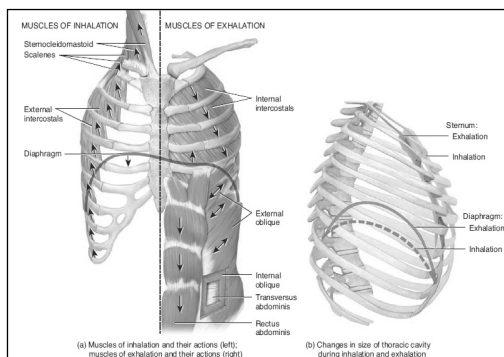
Otot yang berperan pada sistem pernafasan terdiri atas otot skelet. Inspirasi merupakan usaha yang aktif sehingga membutuhkan

otot pernapasan. Otot inspirasi terdiri atas otot inspirasi utama maupun tambahan. Otot inspirasi utama merupakan otot yang berkontraksi untuk melakukan inspirasi sewaktu bernapas tenang, meliputi otot interkostalis eksterna dan diafragma. Selama pernapasan tenang diafragma menurun sekitar 1 cm, tetapi pada pernapasan berat diafragma menurun sampai 10 cm.

Sedangkan pada saat sesak napas membutuhkan inspirasi yang lebih dalam (lebih banyak udara yang dihirup) dapat dilakukan dengan mengontraksikan diafragma dan otot interkostalis emsterna secara lebih kuat dan dengan mengaktifkan otot inspirasi tambahan untuk semakin memperbesar rongga toraks. Otot inspirasi tambahan meliputi sternocleidomastoideus dan scalenus.

Pada saat bernapas biasa, ekspirasi normalnya merupakan kegiatan pasif karena dicapai oleh rekoil elastic paru ketika otot inspirasi melemas, tanpa memerlukan kontraksi otot atau pengeluaran energi. Diperlukan *active breathing* jika serangan asma, berbicara, menyanyi, batuk, bersin, mengejan. Adapun otot ekspirasi tambahan yaitu otot interkostalis interna, Muskulus rektus abdominis, Muskulus Oblikus abdominis eksternus, muskulus oblikus eksternal.

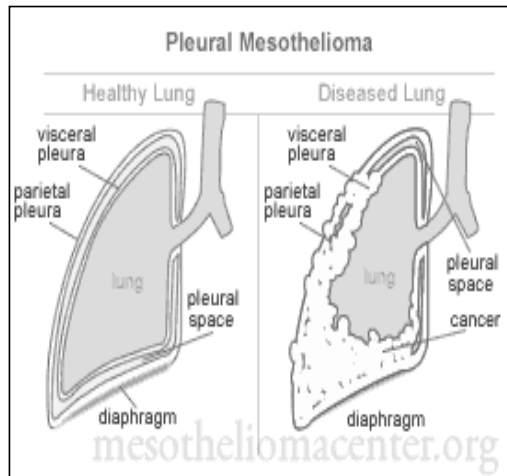
Diafragma



Gambar 11. 6. Otot pernapasan (Tortora & Derrickson, 2012)

Diafragma merupakan suatu septum berupa jaringan musklotendineus yang memisahkan rongga toraks dengan rongga abdomen. Diafragma merupakan dasar dari rongga toraks. Diafragma merupakan otot yang paling utama untuk bernapas, merupakan lembaran-lembaran otot tipis yang bersinergi atau melekat pada iga terbawah dan dipersyarafi *nervus freknikus* yang berasal dari segmen 3, 4 dan 5.

Pleura



Gambar 11. 7. Pleura
(Pleural Mesothelioma, n.d.) (Tortora & Derrickson, 2012)

Pleura dibentuk oleh jaringan yang berasal dari mesodermal. Dibedakan menjadi 2 yaitu Pleura Visceralis yang melapisi paru dan Pleura Parietalis yang melapisi dinding hemitoraks. Di antara pleura terdapat rongga pleura. Pada keadaan normal berisi cairan pleura dalam jumlah sedikit (0,1 – 0,2 ml/KgBB), yang berfungsi untuk memisahkan kedua pleura supaya tidak lengket.

Vaskularisasi system pernafasan

Sistem pembuluh darah yang berperan pada sistem pernafasan terdiri atas 2 bagian yaitu arteri pulmonalis yang keluar dari ventrikel kanan, berfungsi dalam sistem pernafasan. Arteri bronkialis, berperan dalam menyediakan bahan makanan yang dibutuhkan paru.

XI.3. Fisiologi respirasi

Fisiologi respirasi terdiri atas dua proses yang saling berkaitan yaitu respirasi selular dan respirasi eksternal.

1. Respirasi selular

Respirasi selular meliputi proses-proses metabolik intrasel yang dilaksanakan di dalam mitokondria yang menggunakan oksigen dan menghasilkan karbondioksida.

2. Respirasi eskternal

Respirasi eksternal meliputi seluruh rangkaian aktivitas dalam pertukaran oksigen dan karbondioksida antara udara luar dan sel tubuh. Respirasi eksternal meliputi empat tahapan, yaitu

- a. Ventilasi, merupakan pertukaran udara secara bergantian dari atmosfer (lingkungan eksternal) ke alveoli (paru), demikian juga sebaliknya.
- b. Difusi di alveoli, merupakan pertukaran O_2 dan CO_2 antara alveoli dan darah di dalam kapiler pulmonal
- c. Transportasi, merupakan proses mengangkut O_2 dan CO_2 ke seluruh jaringan tubuh
- d. Difusi di jaringan, merupakan proses pertukaran O_2 dan CO_2 antara darah dengan sel jaringan melalui proses difusi menembus kaliler sistemik (jaringan)

Sistem respirasi tidak melaksanakan semua tahap atau langkah respirasi, system ini hanya berperan pada ventilasi dan pertukaran O_2 dan CO_2 antara paru dan darah (langkah a dan b). Sistem sirkulasi terlibat dalam langkah b dan melaksanakan langkah c dan d.

Ventilasi

Pada saat inspirasi, udara mengalir dari atmosfer ke trakhea, bronkus, bronkiolus, dan alveoli, Saat ekspirasi, gas alveolar menjalani rute yang sama dengan arah berlawanan. Terdapat beberapa faktor yang mengatur aliran udara tersebut meliputi

1. Varians tekanan udara

Pada saat belum terjadi inspirasi, tekanan udara di dalam paru-paru sama dengan tekanan udara di atmosfer (760 mmHg atau 1 atm). Supaya udara dapat mengalir ke paru-paru, tekanan di dalam alveoli harus menjadi lebih rendah daripada tekanan di atmosfer. Hal ini bisa tercapai dengan meningkatkan ukuran paru-paru. Peningkatan ukuran paru akan menyebabkan penurunan tekanan di dalam paru. Pada saat inspirasi (menarik napas) normal, gerakan diafragma mendatar dan otot intercostalis eksterna akan memperbesar rongga dada sehingga menurunkan tekanan di dalam rongga dada di bawah 1 atm, yang menyebabkan udara bisa masuk dari lingkungan (atmosfer) ke saluran pernapasan kemudian ke alveoli. Demikian sebaliknya pada saat ekspirasi. Dapat dilihat pada gambar 8 dan 9.

2. Resistensi jalan napas (*Airway Resistance*)

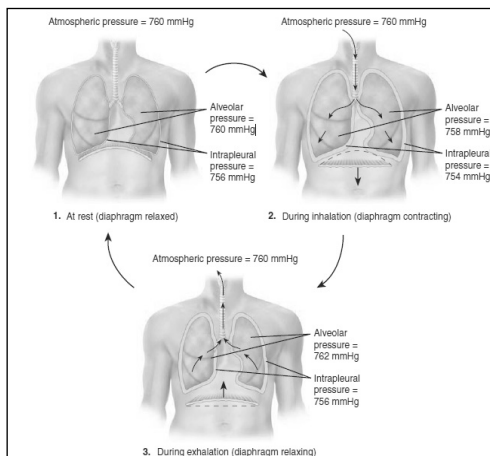
Resistensi jalan napas akan menyebabkan perubahan kecepatan aliran udara. Resistensi jalan napas berhubungan dengan diameter atau ukuran saluran pernapasan, terutama bronkus dan bronkiolus. Diameter saluran pernapasan tersebut juga diatur oleh kontraksi dan relaksasi otot polos. Signal dari sistem saraf simpatik menyebabkan relaksasi otot polos sehingga menghasilkan bronkodilatasi dan menurunkan resistensi. Ada beberapa kondisi yang menyebabkan saluran napas menyempit seperti pada Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) sehingga meningkatkan resistensi saluran napas karena obstruksi atau kolapsnya saluran pernapasan.

3. Komplians paru

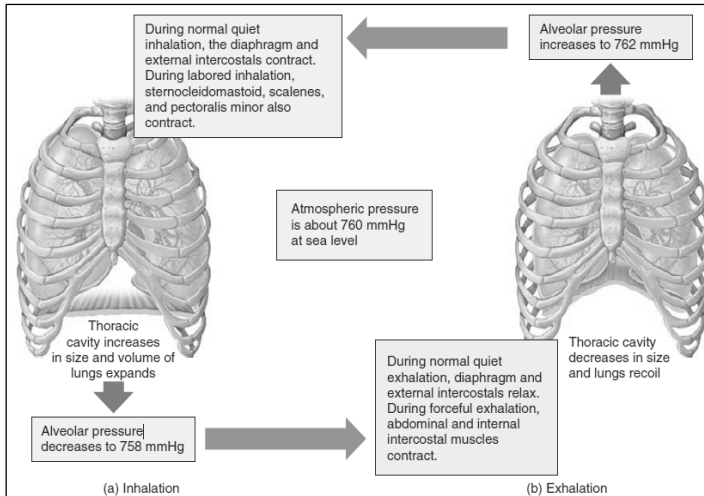
Komplians paru mengacu pada usaha untuk meregangkan paru-paru dan dinding dada. Komplians paru yang tinggi berarti paru-paru dan dada mudah mengembang, komplians paru yang rendah berarti dinding dada dan paru tidak bisa mengembang. Komplians di paru dipengaruhi oleh elastisitas dan tegangan permukaan alveolar. Adanya surfaktan dapat mengurangi tegangan permukaan alveoli sehingga alveoli elastis dan mudah mengembang. Komplians paru yang menurun biasanya terjadi pada kondisi paru yang muncul jaringan parut (pada tuberkulosis), jaringan paru terisi cairan (edema paru), defisiensi surfaktan, terhambatnya ekspansi paru karena kelumpuhan otot interkosta, emfisema.

4. Tegangan Permukaan Alveolar

Pada saat bernapas, tegangan permukaan harus diturunkan supaya paru dapat mengembang saat inspirasi. Tegangan permukaan berperan dalam dua pertiga elastisitas paru-paru. Tegangan permukaan alveolar dapat turun karena adanya surfaktan sehingga membuat alveoli tidak kolaps.



Gambar 11. 8. Perbedaan tekanan pada saat istirahat, inspirasi, dan ekspirasi (Tortora & Derrickson, 2012)



Gambar 11. 9. Proses inspirasi dan ekspirasi (Tortora & Derrickson, 2012)

XI. 4. Difusi gas pulmonal

Difusi gas pulmonal merupakan proses pertukaran oksigen dari alveoli paru-paru menuju kapiler darah di paru serta pertukaran karbondioksida dalam arah yang berlawanan. Difusi gas pulmonal terjadi di membran alveolar-kapiler. Tempat tersebut sangat ideal untuk pertukaran gas karena mempunyai permukaan yang luas dan tipis.

Pertukaran gas dapat terjadi karena adanya perbedaan tekanan parsial antara alveolar dan kapiler. Oksigen berdifusi dari alveolar yang memiliki tekanan parsial 105 mmHg, ke dalam darah di kapiler paru yang mana PO_2 nya hanya 40 mmHg. Kondisi tersebut pada orang yang istirahat, kalau pada orang yang berolah raga PO_2 di kapiler akan lebih rendah lagi. Sedangkan untuk difusi CO_2 , pada orang yang istirahat, tekanan parsial karbondioksida di kapiler paru adalah 45 mmHg, sedangkan tekanan parsial karbondioksida di alveolar adalah 40 mmHg. Sehingga karbondioksida bisa berdifusi dari kapiler (vena pulmonal) ke alveolar

XI. 5. Difusi gas di jaringan

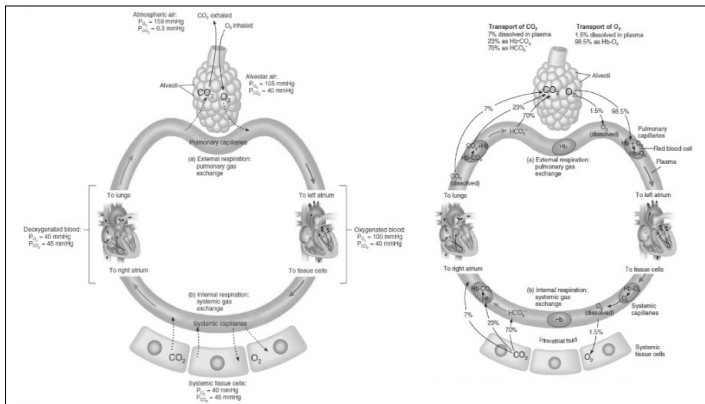
Difusi gas di jaringan adalah pertukaran oksigen dan karbondioksida antara kapiler sistemik dan jaringan sel. Difusi tidak hanya terjadi di paru-paru tetapi di seluruh tubuh. PO_2 darah yang di pompa ke kapiler sistemik lebih tinggi (100 mmHg) daripada PO_2 dalam sel jaringan (40 mmHg saat istirahat). Tekanan parsial oksigen di sel jaringan lebih rendah karena sel terus menerus menggunakan oksigen untuk metabolisme. Karena perbedaan tekanan ini, oksigen dapat berdifusi dari kapiler ke jaringan. Sementara itu, CO_2 berdifusi ke arah yang berlawanan. Karena sel-sel di jaringan secara konstan menghasilkan CO_2 , maka PCO_2 sel lebih tinggi (45 mmHg) daripada PCO_2 di kapiler sistemik (40 mmHg) sehingga PCO_2 dapat berdifusi dari sel-sel jaringan melalui cairan interstitial ke kapiler sistemik sampai PCO_2 di kapiler mencapai 45 mmHg. Kemudian darah terdeoksigenasi tersebut kembali ke jantung dan di pompa ke paru untuk menjalani siklus respirasi eksternal.

XI. 6. Transportasi oksigen dan karbondioksida

Oksigen dibawa oleh darah menuju ke jaringan, begitupula karbondioksida dibawa oleh darah dari jaringan ke paru. Oksigen di dalam darah ditransport oleh plasma darah dan hemoglobin. Sebagian besar oksigen diangkut hemoglobin (98,5%) dan hanya sebagian kecil yang diangkut oleh plasma darah (1,5%). Hal ini disebabkan oleh oksigen yang tidak mudah larut dalam air. Setiap 100 ml darah mengandung 20 ml gas O_2 . Yang larut dalam plasma 0,3 ml dan yang berikatan dengan hemoglobin 19,7 ml. Oksigen dan hemoglobin berikatan menjadi oksihemoglobin.

Karbondioksida di dalam darah diangkut dalam tiga bentuk yaitu 1) CO_2 terlarut (persentase 7%), ini merupakan komponen paling kecil. CO_2 terlarut dalam plasma, saat mencapai paru-paru akan berdifusi ke alveoli kemudian mengalami ekspirasi ke atmosfer. 2) senyawa karbomino (23%); Asam amino yang berikatan dengan

CO₂ di darah adalah hemoglobin, sehingga akan membentuk ikatan karbaminohemoglobin (Hb- CO₂); 3) ion bikarbonat (70%). Sebagian besar CO₂ diangkut dalam plasma darah sebagai ion bikarbonat (HCO₃). Ketika CO₂ berdifusi dari jaringan ke dalam kapiler dan memasuki sel darah merah maka akan bereaksi dengan air dengan bantuan enzim karbonat anhidrase sehingga akan terbentuk asam karbonat, yang akan terdisosiasi menjadi H dan HCO₃.



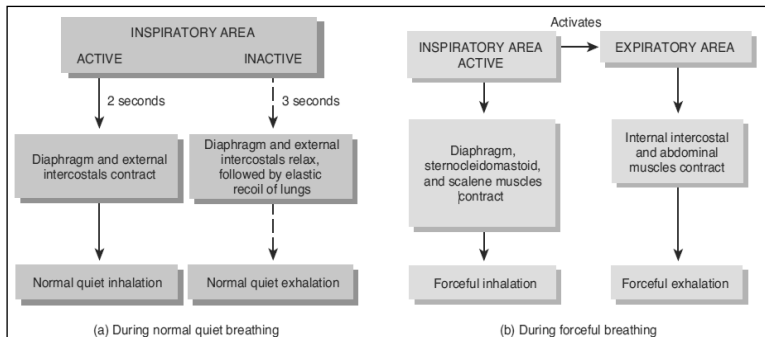
Gambar 11. 10. Pertukaran serta transportasi oksigen dan karbondioksida (Tortora & Derrickson, 2012)

XI. 7. Kontrol pernafasan

Pernapasan dikontrol oleh pusat pernafasan yang terdapat di dalam otak. Terdapat tiga area pusat pernafasan di dalam otak yaitu:

1. *Medullary Rhythmic Area* di medula oblongata yang berfungsi mengatur inspirasi dan ekspirasi; di sini terdapat area inspirasi dan ekspirasi. Selama pernafasan normal, inspirasi berlangsung selama 2 detik dan pernafasan selama 3 detik. Saat area inspirasi aktif, akan menghasilkan saraf impuls selama sekitar 2 detik (Gambar 10). Impuls menyebar ke otot interkostal eksternal melalui saraf interkostalis dan ke diafragma melalui saraf frenikus. Ketika impuls saraf mencapai diafragma dan otot interkostal

eksternal, dan inhalasi terjadi. Pada akhir 2 detik, area inspirasi menjadi tidak aktif dan impuls saraf berhenti. Tanpa ada dorongan datang, diafragma dan otot interkostal eksternal istirahat selama sekitar 3 detik, memungkinkan rekoil elastis pasif dari paru-paru dan dinding ada. Kemudian, siklus itu berulang. Neuron dari daerah ekspirasi tetap tidak aktif selama pernapasan yang normal. Namun, selama syaraf pernafasan yang kuat impuls dari daerah inspirasi mengaktifkan area ekspirasi. Impuls dari daerah ekspirasi menyebabkan kontraksi dari otot interkostal internal dan otot abdominal, yang mengurangi ukuran rongga dada dan menyebabkan ekspirasi kuat. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 11.11.



Gambar 11. 11. Pengaturan pernapasan selama inspirasi dan ekspirasi (Tortora & Derrickson, 2012)

2. Area Pneumotaksik di pons berfungsi dalam mengatur pola pernapasan. Mentransmisikan impuls yang memperlambat ke area inspirasi sehingga akan membantu mengatur inspirasi sebelum paru-paru menjadi penuh udara dengan mempersingkat durasi inspirasi;
3. Area Apneustik di pons, berfungsi dalam mengkoordinasikan antara inspirasi dan ekspirasi. Area ini akan mengirim stimulus ke

area inspirasi dan mengaktifkannya sehingga memperpanjang durasi dan kedalaman inspirasi.

XI. 8. Regulasi kontrol pernafasan

Kontrol fungsi pernafasan oleh pusat pernafasan dibantu oleh reseptor yang terletak di beberapa tempat dan berespon terhadap beberapa keadaan. Adapun beberapa reseptor yang berperan dalam pengaturan kontrol pernafasan yaitu

1) Kemoreseptor Sentral dan Perifer

Kemoreseptor sentral terletak di dekat medulla oblongata, berespon terhadap perubahan pH, $p\text{CO}_2$, dan cairan cerebrospinal. Kemoreseptor perifer terletak di arkus aorta dan arteri karotis, berespon terhadap perubahan PaO_2 , kemudian PaCO_2 , dan pH.

2) Propioreseptor

Propioreseptor terdapat dalam otot dan persendian, berespon terhadap gerakan tubuh seperti olah raga sehingga terjadi peningkatan ventilasi.

3) Baroreseptor

Baroreseptor terletak di korpus aortik dan karotis, berespon terhadap peningkatan atau penurunan tekanan darah arteri yang menyebabkan reflek hipoventilasi maupun hiperventilasi.

4) Kemoreseptor Sentral dan Perifer

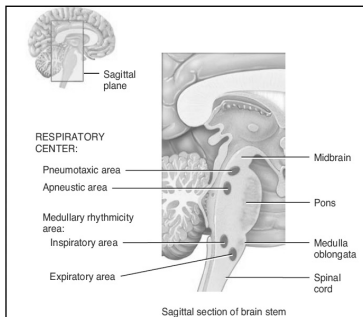
Kemoreseptor sentral terletak di dekat medulla oblongata, berespon terhadap perubahan pH, $p\text{CO}_2$, dan cairan cerebrospinal. Kemoreseptor perifer terletak di arkus aorta dan arteri karotis, berespon terhadap perubahan PaO_2 , kemudian PaCO_2 , dan pH.

5) Propioreseptor

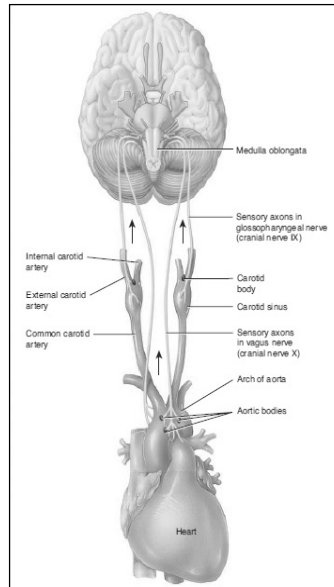
Propioreseptor terdapat dalam otot dan persendian, berespon terhadap gerakan tubuh seperti olah raga sehingga terjadi peningkatan ventilasi.

6) Baroreseptor

Baroreseptor terletak di korpus aortik dan karotis, berespon terhadap peningkatan atau penurunan tekanan darah arteri yang menyebabkan reflek hipoventilasi maupun hiperventilasi.



Gambar 11. 12. Pusat pernapasan (Tortora & Derrickson, 2012)



Gambar 11. 13. Kemoreseptor pernafasan (Tortora & Derrickson, 2012)

DAFTAR PUSTAKA

Djojodibroto, D. (2014). *Respirologi (Respiratory Medicine)*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Linkle, J. H., & Cheever, K. H. (2013). *Brunner & Suddarth's Textbook of Medical-Surgical Nursing*. Amerika Utara: Lippincott Williams & Wilkins.

Mannheim, J. K. (2016, December 11). *Upper respiratory tract*. Retrieved August 07, 2018, from Medline Plus: <https://medlineplus.gov/ency/imagepages/19378.htm>

- Mannheim, J. K. (2016, 12 11). *Lower respiratory tract* . Retrieved 08 07, 2018, from Medline Plus: <https://medlineplus.gov/ency/imagepages/19379.htm>
- Medical-Legal Illustrator & Animator*. (n.d.). Retrieved Agustus 11, 2018, from <http://www.jeremybrotherton.com/portfolio/medical-illustration-pen-and-ink/>
- Pleural Mesothelioma*. (n.d.). Retrieved Agustus 8, 2018, from Mesothelioma Center: <https://www.mesotheliomacenter.org/about/pleural-mesothelioma.php>
- Sherwood, L. (2016). *Fisiologi Manusia Dari Sel ke Sistem* (8 ed.). (H. O. Ong, A. A. Mahode, & D. Ramadhani, Eds.) Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Tabrani. (2013). *Ilmu Penyakit Paru*. Jakarta: Trans Info Media.
- The respiratory system*. (2017, April 1). Retrieved from The respiratory system: <https://www.therespiratorysystem.com/>
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2012). *Principles of Anatomy and Physiology*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Waugh, A., & Grant, A. (2010). *Anatomy and Physiology* (11 ed.). Churchill Livingstone: Elsevier.

Latihan Soal

1. Apakah area pernapasan yang berperan sebagai zona respiratorik yang berperan untuk pertukaran gas?
 - A. Bronkiolus respiratorius
 - B. Bronkiolus terminalis
 - C. Faring
 - D. Trakea
 - E. Bronkus

2. Apakah yang menyebabkan rongga hidung memiliki peran sebagai pemanas dan pendingin udara?
 - A. Karena kayanya vaskularisasi di dalam rongga hidung
 - B. Karena terdapat rambut dalam hidung
 - C. Karena terdapat kelenjar submukosa
 - D. Karena terdapat kelenjar sell goblet
 - E. Karena memiliki sel silia

3. Apakah area dari faring yang berbatasan dengan rongga mulut dan terdapat pemisahan antara jalan makanan dan udara sehingga terdapat fungsi pernapasan dan pencernaan ?
 - A. Orofaring
 - B. Nasofaring
 - C. Laringofaring
 - D. Pseudofaring
 - E. Kanalofaring

4. Apakah saluran pernapasan yang dapat berdilatasi dan berkontraksi sebagai respon terhadap rangsangan neurohumoral dan kimia ?
 - A. Bronkus
 - B. Trakhea
 - C. Faring

- D. Laring
 - E. Alveoli
5. Apakah yang berperan dalam menurunkan tegangan muka cairan di dinding alveoli sehingga alveoli tidak mudah kolaps, tetapi bisa mengembang dan stabil ?
- A. Surfaktan
 - B. Otot Intercosta
 - C. Pleura
 - D. Sel Goblet
 - E. Otot Diafragma
6. Apakah otot inspirasi utama yang digunakan pada saat seseorang bernapas normal ?
- A. Otot diafragma
 - B. Otot skalenus anterior
 - C. Otot sternokleidomastoidius
 - D. Otot pectoralis minor
 - E. Otot eksterna oblique
7. Apakah yang menyebabkan menurunnya tekanan intra pulmonal pada waktu inspirasi ?
- A. Adanya ikatan antara oksigen dan hemoglobin
 - B. Mengembangnya rongga toraks akibat kontraksi otot-otot inspirasi
 - C. Mencekungnya diafragma dan miringnya lagi muskulus interkostalis
 - D. Elastisnya paru-paru dan dinding dada serta kembalinya pada posisi keseimbangan
 - E. Mencembungnya otot perut dan diafragma yang mendorong bergerak ke atas

8. Apakah yang menyebabkan oksigen bisa berdifusi dari alveoli ke darah ?
- A. Karena adanya ikatan oksigen dan plasma darah
 - B. Karena adanya inspirasi sehingga udara bisa masuk
 - C. Karena adanya ikatan oksigen dan hemoglobin di darah
 - D. Karena adanya perbedaan tekanan partial oksigen antara alveoli dan kapiler
 - E. Karena adanya perbedaan tekanan partial oksigen antara atmosfer dan alveoli
9. Seorang mahasiswa yang sedang berlari mengalami peningkatan frekuensi bernapas. Reseptor apakah yang menangkap stimulus pada aktivitas olah raga untuk meningkatkan frekuensi napas ?
- A. Proprioceptor
 - B. Baroreceptor
 - C. Hering-Breuer reflex
 - D. Limbic system
 - E. Chemoreceptor
10. Bagaimana proses ekspirasi bisa terjadi ?
- A. Proses pasif dari daya recoil dinding dada dan paru
 - B. Proses aktif dengan rileksasi otot pernapasan
 - C. Tekanan atmosfer lebih besar daripada tekanan alveolar
 - D. Diafragma mendatar dan otot inspirasi mengembang
 - E. Adanya airway resistance

BAB XII

Sistem Endokrin

Oleh: Dr. dr. Ratna Indriawati, M. Kes

Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa memahami tentang overview system endokrin
2. Mahasiswa memahami tentang ciri-ciri hormon
3. Mahasiswa memahami tentang sifat hormon
4. Mahasiswa memahami tentang fungsi hormon
5. Mahasiswa memahami tentang klasifikasi hormon
6. Mahasiswa memahami tentang mekanisme kerja hormon
7. Mahasiswa memahami tentang hormone pada lobus anterior dan posterior

XII. 1. Overview sistem endokrin

Tubuh manusia diatur oleh dua sistem pengatur utama yaitu, sistem saraf dan hormon (endokrin). Sistem endokrin adalah suatu sistem dalam tubuh manusia yang bertugas melakukan sekresi hormon. Hasil sekresi berupa hormon langsung masuk ke dalam pembuluh darah manusia tanpa harus melalui saluran (duktus). Hormon merupakan zat kimia pembawa sinyal. Hormon dibentuk dalam sel-sel khusus, yang terdapat di dalam kelenjar endokrin yang nantinya akan disekresikan ke dalam darah selanjutnya disalurkan ke organ-organ target. Hormon menjalankan fungsinya di organ target. Yang dimaksud dengan sel target adalah semua sel yang memberi respon terhadap adanya hormon baik yang bisa dideteksi maupun yang tidak dapat dideteksi secara fisiologis.

Hormon mengatur aktivitas seperti metabolisme, reproduksi, pertumbuhan dan perkembangan. Pengaruh hormon dapat terjadi dalam beberapa detik, hari, minggu, bulan, dan kadang-kadang beberapa tahun. Tidak sedikit hormon yang bertindak sebagai messenger pertama (*first messenger*) yang merupakan seri dari messenger yang berurutan sehingga mengarah kepada adanya respons spesifik di sel target. Dalam perjalanannya di dalam darah dan cairan interstitial, hormon ini akhirnya bertemu dengan reseptor yang khas untuk hormon tersebut. Reseptor ini terdapat di permukaan atau di dalam sel target. Interaksi antara hormon dengan reseptor akan menimbulkan respon fisiologi dalam tubuh.

XII .2. Ciri-ciri hormon

Karakteristik umum hormon adalah sebagai berikut:

1. Hormon disekresikan oleh sel-sel endokrin.
2. Hormon adalah pembawa pesan kimiawi.
3. Hormon adalah sinyal kimia yang beredar di cairan tubuh.
4. Hormon mengatur perilaku sel target.
5. Hormon, seperti enzim tidak mengkatalisis reaksi apapun.
6. Mereka disekresikan hanya bila diperlukan, mereka tidak disimpan sebelum dibutuhkan.
7. Hormon di alam mungkin protein atau non-protein (asam amino atau steroid).
8. Sekresi hormon diatur oleh sistem saraf melalui efek umpan balik.
9. Hormon biasanya menyebabkan efek jangka panjang seperti perubahan perilaku, pertumbuhan, dan lain-lain
10. Hormon berfungsi untuk merangsang atau menghambat organ sasaran.

XII. 3. Sifat hormon

Hormon mempunyai beberapa sifat. Sifat-sifat hormon antara lain adalah: hormon dapat menimbulkan efek pengaturan fisiologis tubuh, hormon ada yang sifat lokal atau umum. Hormon lokal antara lain, asetilkolin yang dilepaskan di ujung-ujung saraf parasimpatis dan otot rangka, sekretin yang dilepaskan oleh dinding duodenum dan ditransport dari darah ke pancreas untuk merangsang sekresi pankreas alkali, kolesistokinin yang dikeluarkan di usus halus ke kandung empedu untuk merangsang kontraksi kandung empedu maupun sekresi enzim oleh pankreas. Hormon umum disekresi oleh kelenjar endokrin spesifik dan ditransport di darah sehingga menyebabkan kerja fisiologis pada tempat-tempat yang jauh dalam tubuh. Beberapa hormon umum dapat mempengaruhi semua atau hamper semua sel tubuh, contohnya adalah hormone pertumbuhan dari adenohipofisis dan hormon tiroid dari kelenjar tiroid.

XII. 4. Fungsi hormon

Hormon mengatur berbagai proses yang mengatur kehidupan. Sistem endokrin mempunyai lima fungsi umum:

1. Membedakan sistem saraf dan sistem reproduktif pada janin yang sedang berkembang
2. Menstimulasi urutan perkembangan
3. Mengkoordinasi sistem reproduktif
4. Memelihara lingkungan internal optimal
5. Melakukan respons korektif dan adaptif ketika terjadi situasi darurat

XII. 5. Klasifikasi hormon

Dalam hal struktur kimianya, hormon diklasifikasikan sebagai hormon yang larut dalam air atau yang larut dalam lemak. Hormon yang larut dalam air termasuk polipeptida (misal insulin, glukagon,

hormon adrenokortikotropik (ACTH), gastrin) dan katekolamin (misal dopamin, norepinefrin, epinefrin). Hormon yang larut dalam lemak termasuk steroid (misal estrogen, progesteron, testosteron, glukokortikoid, aldosteron) dan tiroxin (misal tiroksin). Hormon yang larut dalam air bekerja melalui sistem mesenger-kedua, sementara hormon steroid dapat menembus membran sel dengan bebas.

Berdasarkan modus tindakan hormon diklasifikasikan menjadi hormon bertindak cepat dan hormon yang bekerja singkat.

1. Hormon bertindak cepat.

Hormon-hormon ini memulai tanggapan langsung dari sel-sel target mereka. Hormon-hormon ini memiliki reseptor luar membran plasma pada sel target, mereka berukuran besar. Contoh: Protein dan hormon amina.

2. Hormon bertindak singkat.

Hormon-hormon ini memulai respon tertunda. Hormon-hormon ini dalam ukuran kecil dan mereka mengikat reseptor protein hadir dalam sitosol.

Contoh: hormon steroid dari organ reproduksi dan korteks adrenal.

Hormon secara struktural diklasifikasikan menjadi empat kelompok steroid, peptida, asam amino dan asam lemak.

Hormon steroid

berasal dari kolesterol dan larut dalam lemak. Hormon steroid termasuk hormon seks dan hormon yang dihasilkan oleh kelenjar adrenal. Hormon seks termasuk androgen, estrogen dan progesteron. Hormon adrenal adalah hormon kortikosteroid dan hormon glukokortikosteroid. Steroid penting karena mereka mengambil bagian dalam fungsi penting termasuk keseimbangan air, perkembangan seksual dan respon stres.

Hormon turunan asam amino

Hormon-hormon ini berasal dari asam amino tirosin dan seperti tyroptophan. Dua jenis hormon yang berasal tirosin adalah hormon tiroid dan katekolamin. Hormon tiroid adalah yang paling penting karena mengatur pengembangan organ dan metabolisme. Katekolamin – Norepinephrin dan epinefrin adalah katekolamin. Mereka adalah hormon stres dan neurotransmitter. Asam amino triptofan adalah hormon prekursor seperti serotonin dan melatonin. Serotonin mengatur pergerakan usus dan juga berhubungan dengan suasana hati dan rendahnya tingkat hormon ini sering mengakibatkan depresi.

Hormon peptide

Hormon-hormon ini berasal dari peptida. Prohormon adalah prekursor untuk hormon peptida. Para prohormon disintesis oleh retikulum endoplasma. Konfigurasi struktural yang tepat diperlukan untuk fungsi mereka. Hormon peptida disimpan dalam sel vesikel sampai ada rangsangan sinyal untuk pembebasan mereka ke dalam aliran darah. Contoh hormon peptida termasuk TSH (thyroid stimulating hormone), insulin, prolaktin, vasopressin.

Asam lemak

yang berasal hormon – Hormon yang berasal dari asam lemak disebut eikosanoid, mereka berasal dari asam arakidonat. Hormon-hormon ini diproduksi oleh setiap sel dalam tubuh. Mereka memiliki peran penting dalam tubuh termasuk peradangan, tekanan darah dan pembekuan darah.

XII. 6. Mekanisme kerja hormon

Hormon dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit, namun memiliki kemampuan kerja yang besar. Umumnya hormon bekerja pada organ tubuh tertentu, yang disebut organ sasaran (organ target). Dikenal

dua macam mekanisme kerja hormon, yaitu AMP siklik (duta kedua) dan pengaktifan gen.

AMP Siklik (Duta Kedua)

Setiap membran sel organ sasaran berisi protein reseptor yang dapat bersenyawa dengan hormon tertentu. Hormon bertindak sebagai duta pertama. Kompleks hormon reseptor yang terbentuk, selanjutnya akan memicu aktivitas suatu enzim. Enzim ini akan mengubah ATP menjadi AMP siklik yang bertindak sebagai duta kedua atau duta intraseluler. Duta kedua bergabung dengan enzim khas untuk menghentikan aktivitas enzim lainnya. Sebagai contoh, pada sel-sel hati dan otot, AMP siklik dipicu oleh adrenalin menghambat enzim yang dibutuhkan untuk pembentukan glikogen dan mengaktifkan enzim yang diperlukan untuk memecah glikogen.

Pengaktifan gen

Hormon-hormon lainnya bekerja pada organ sasaran dengan cara yang berbeda. Molekul-molekul hormon menembus membran sel dan bersenyawa dengan molekul-molekul protein reseptor tertentu di dalam sitoplasma. Kompleks hormon reseptor yang dibentuk memasuki nukleus dan langsung bereaksi dengan DNA, kemudian memicu transkripsi RNA dari gen tertentu. Sel sasaran membuat protein khas yang merespons hormon tertentu. Jenis hormon yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah hormon-hormon steroid. Hormon mempunyai karakteristik tertentu. Hormon disekresi dalam salah satu dari tiga pola berikut:

1. Sekresi diurnal adalah pola yang naik dan turun dalam periode 24 jam. Kortisol adalah contoh hormon diurnal. Kadar kortisol meningkat pada pagi hari dan turun pada malam hari.
2. Pola sekresi hormonal pulsatif dan siklik naik turun sepanjang waktu tertentu, seperti bulanan. Estrogen adalah non siklik dengan puncak dan lembahnya menyebabkan siklus menstruasi.

3. Tipe sekresi hormonal yang ketiga adalah variabel dan tergantung pada kadar substrat lainnya. Hormon paratiroid disekresi dalam berespons terhadap kadar kalsium serum.

Hormon bekerja dalam sistem umpan balik. Loop umpan balik dapat positif (*feedback positive*) atau negatif (*feedback negative*) dan memungkinkan tubuh untuk dipertahankan dalam situasi lingkungan optimal. Hormon mengontrol laju aktivitas selular. Hormon tidak mengawali perubahan biokimia. Hormon hanya memengaruhi sel-sel yang mengandung reseptor yang sesuai, yang melakukan: fungsi spesifik. Hormon mempunyai fungsi *dependent* dan *interdependent*. Pelepasan hormon dari satu kelenjar sering merangsang pelepasan hormon dari kelenjar lainnya. Hormon secara konstan di *reactivated* oleh hepar atau mekanisme lain dan diekskresi oleh ginjal

XII. 7. Hormon lobus anterior dan posterior

1. Hormon pada lobus anterior hipofisis
 - a Growth Hormone (GH)

GH merupakan hormone yang paling penting untuk pertumbuhan normal hingga ukuran tubuh orang dewasa. GH disekresi dengan cara pulsatil. Sekresinya meningkat karena tidur, stress, adanya hormone-hormon yang terkait dengan pubertas, kelaparan, *exercise*, dan hipoglikemia. Sekresinya menurun karena somatostatin, somatomedin, obesitas, hiperglikemia, dan kehamilan.

GH menyebabkan produksi somatomedin (Insulin like growth factor [IGF]) yang berfungsi sebagai hormone antara (intermediat) untuk beberapa kerja fisiologis. Reseptor IGF memiliki aktivitas tirosinkinase yang serupa dengan reseptor insulin. Aksi langsung GH menyebabkan penurunan pengambilan glukosa ke dalam sel (diabetogenik), peningkatan lipolisis, sintesis protein di otot, massa tubuh

tanpa lemak, dan IGF. Aksi GH lewat IGF menyebabkan peningkatan sintesis protein di kondrosit, pertumbuhan linier (lonjakan pertumbuhan (*growth spurt*) pada usia pubertas, sintesis protein di otot, massa tubuh tanpa lemak, sintesis protein di sebagian besar organ, dan ukuran organ.

Defisiensi GH menyebabkan kegagalan tumbuh kembang pada anak-anak, tubuh yang pendek, obesitas ringan, dan npubertas yang terlambat. Defisiensi GH dapat disebabkan oleh kurangnya GH dari hipofisis anterior, disfungsi hipotalamus (penurunan GHRH), kegagalan menghasilkan IGF di hati, dan defisiensi reseptor GH. Kelebihan GH dapat menyebabkan akromegali. Sebelum pubertas GH yang berlebihan akan menyebabkan peningkatan pertumbuhan linier (gigantisme). Sesudah pubertas GH yang berlebihan akan menyebabkan peningkatan pertumbuhan tulang periosteal, peningkatan ukuran organ tubuh dan intoleransi glukosa.

b Tiroid Stimulating Hormone (TSH)

Kelenjar tiroid menghasilkan tiga jenis hormon yaitu *T3*, *T4* dan sedikit *kalsitonin*. Hormon ini diangkut oleh protein pengangkut, protein pengangkut itu adalah TBG (thyroxine binding globulin), TBPA (thyroxine binding prealbumin), T3U (T3 resin uptake) dan TBI (thyroxine binding Index). Peningkatan protein pengangkut TBG menyebabkan peningkatan hormon T4 dan penurunan protein pengangkut T3U. Peningkatan TBG disebabkan oleh pengobatan estrogen, perfenazin, Kehamilan, Bayi baru lahir, Hepatitis infeksiosa dan Peningkatan sintesis herediter. Sedangkan penurunan kadar TBG dipengaruhi oleh pengobatan steroid anabolik dan androgen, sakit berat atau pembedahan, sindroma nefrotik, dan defisiensi kongenital (Nugroho,2006)

Fungsi hormone tiroid meliputi:

- 1) Mengatur laju metabolisme tubuh. Baik T3 dan T4 kedua-duanya meningkatkan metabolisme karena peningkatan konsumsi oksigen dan produksi panas. Efek ini pengecualian untuk otak, lien, paru-paru dan testes.
- 2) Kedua hormon ini tidak berbeda dalam fungsi namun berbeda dalam intensitas dan cepatnya reaksi. T3 lebih cepat dan lebih kuat reaksinya tetapi waktunya lebih singkat dibanding dengan T4. T3 lebih sedikit jumlahnya dalam darah. T4 dapat dirubah menjadi T3 setelah dilepaskan dari folikel kelenjar.
- 3) Memegang peranan penting dalam pertumbuhan fetus khususnya pertumbuhan saraf dan tulang.
- 4) Mempertahankan sekresi GH dan gonadotropin.
- 5) Efek kronotropik dan Inotropik terhadap jantung yaitu menambah kekuatan kontraksi otot dan menambah irama jantung.
- 6) Merangsang pembentukan sel darah merah.
- 7) Mempengaruhi kekuatan dan ritme pernapasan sebagai kompensasi tubuh terhadap kebutuhan oksigen akibat metabolisme.
- 8) Bereaksi sebagai antagonis insulin Tirokalsitonin mempunyai jaringan sasaran tulang dengan fungsi utama menurunkan kadar kalsium serum dengan menghambat reabsorpsi kalsium di tulang. Faktor utama yang mempengaruhi sekresi kalsitonin adalah kadar kalsium serum. Kadar kalsium serum yang rendah akan menekan pengeluaran tirokalsitonin dan sebaliknya peningkatan kalsium serum akan merangsang pengeluaran tirokalsitonin. Faktor tambahan adalah diet kalsium dan sekresi gastrin di lambung.

Tabel 12. 1. Hormon-hormon kelenjar tiroid dan aksinya

Hormon kelenjar tiroid	Struktur	Sasaran	Aksi
Sel folikel Hormon tiroid (T3, T4)	Asam amino	-	Meningkatkan laju metabolisme
Sel parafolikuler Kalsitonin	Polipeptida	Tulang	Mengatur kadar Ca, menurunkan aktifitas osteoklast

T3 setelah sampai di jaringan target akan memberikan efek sebagai berikut:

- a) Jantung: meningkatkan reseptor beta-adrenergik dan respon katekolamin
- b) Jaringan adipose: lipolysis
- c) Otot: meningkatkan pemecahan protein
- d) Tulang: pertumbuhan normal
- e) Saraf: pertumbuhan normal
- f) Usus: meningkatkan absorpsi
- g) Lipoprotein: meningkatkan reseptor LDL
- h) Umum (mitokondria): meningkatkan konsumsi O_2 dan metabolisme
- i) Hematopoietin: normal
- j) Pertumbuhan fetus
- c Adrenokortikoid (ACTH)

Fungsi utama ACTH adalah merangsang sekresi kortisol. ACTH meningkatkan sintesis hormone steroid di semua zona korteks adrenal dengan menstimulasi enzim kolesterol desmolase dan meningkatkan konversi kolesterol menjadi pregnenolon. ACTH juga melakukan up-regulasi reseptornya sendiri sehingga sensitivitas korteks adrenal terhadap ACTH

meningkat. Peningkatan yang berkepanjangan kadar ACTH menyebabkan hipertrofi korteks adrenal. Messenger kedua untuk ACTH adalah cAMP.

d Prolaktin

Prolaktin dihasilkan oleh laktotrof. Prolaktin ada pada perempuan dan laki-laki normal. Target sel prolactin pada laki-laki adalah sel interstisium Leydig di testis. Sedangkan pada perempuan target selnya di kelenjar mammae untuk merangsang sekresi susu. Fungsi utama prolactin adalah mendorong perkembangan payudara pada perempuan, sedangkan pada laki-laki fungsinya tidak jelas.

e Folicle Stimulating Hormone (FSH)

Target sel FSH pada perempuan di folikel ovarium. Sedangkan pada laki-laki di tubulus seminiferous testis. FSH berfungsi mengendalikan sekresi estrogen dan progesterone di ovarium, mempengaruhi luteinisasi. FSH juga berfungsi merangsang spermatogenesis.

f Lutheinizng Hormon (LH)

Target sel LH di folikel ovarium dan korpus luteum. LH pada perempuan berfungsi merangsang ovulasi, perkembangan korpus luteum, sekres estrogen dan progesterone. Target sel LH pada laki-laki di sel interstitiil Leydig. LH pada laki-laki berfungsi untuk merangsang sekresi testosteron.

2. Hormon pada lobus posterior hipofisis

Hipofisis posterior mensekresi 2 jenis hormon, yaitu:

a Hormon antidiuretic (ADH)

ADH disebut juga vasopressin. ADH dibentuk di nucleus supraoptik dan mengandung asam amino. ADH Berfungsi mengatur kecepatan ekskresi air ke dalam urin dan dengan cara ini akan membantu mengatur konsentrasi air dalam cairan tubuh. Mekanisme kerja ADH adalah meningkatkan permeabilitas duktus untuk mereapsorsi sebagian besar air

yang disimpan tubuh dan mempermudah difusi bebas air dari tubulus. Cairan tubuh kemudian diabsorpsi secara osmosis.

b Oksitosin

Oksitosin berperan membantu menyalurkan air susu dari kelenjar payudara ke puting susu selama pengisapan dan mungkin membantu melahirkan bayi pada saat akhir masa kehamilan.

Aksis hypothalamus-hipofisis mempengaruhi pengendalian sekresi hormone hipofisis. Hormon–hormon pelepas dan penghambat hypothalamus yang terpenting adalah:

- a. *Tyroid Releasing Hormone* (TRH): hormone pelepas tiroid yang menyebabkan pelepasan hormone perangsang tiroid.
- b. *Corticotropin Releasing Hormone* (CRH): menyebabkan pelepasan adenokortikotropin.
- c. *Growth Hormone Releasing Factor* (GHRF) : menyebabkan pelepasan Growth Hormone Inhibiting Factor (GHIF) yang mirip dengan hormone somatostatin dan menghambat pelepasan hormone pertumbuhan.
- d. *Gonadotropin Releasing Hormone* (GnRH) : menyebabkan pelepasan dari dua hormone gonadotropik, hormone lutein dan hormone perangsang folikel.
- e. *Prolactin Inhibiting Factor* (PIH) : menghambat sekresi prolaktin

DAFTAR PUSTAKA

- Fadel BM, Samerellahham, Ringel MD, Josephlindsay JR, Burman KD.2000. *Hyperthyroid heart disease*. Clin. Cardiol,vol 23: 402-408.
- Ganong, W.F. 2013. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*, Edisi 24. Jakarta: EGC. 535, 657, 621-626.
- Guyton, A.C., & Hall, J.E. 2013. *Fisiologi Kedokteran*. Jakarta: EGC. 532, 676-677.
- Jatmika, S. 1986. *Dasar-dasar Fisiologi Hewan*. Gitamedia Press. Surabaya

Klein I, Ojamaa K. 2001. *Mechanisms of disease: thyroid hormone and the cardiovascular system*. N Engl J Med, vol 344 (7): 501-509.

Latihan soal

1. Apakah yang dimaksud dengan umpan balik (*Feedback*) positif dan negatif hormon?
2. Bagaimanakah mekanisme umum kerja hormon?
3. Apakah fungsi utama hormon-hormon yang dihasilkan hipofisis anterior?
4. Apakah fungsi utama hormon-hormon yang dihasilkan hipofisis posterior?
5. Sebutkan 5 kelenjar-kelenjar tubuh yang dapat menghasilkan hormon!

BAB XIII

Sistem Digesti

Oleh: Syahruramdhani, S. Kep. Ns., MSN., M. Sc

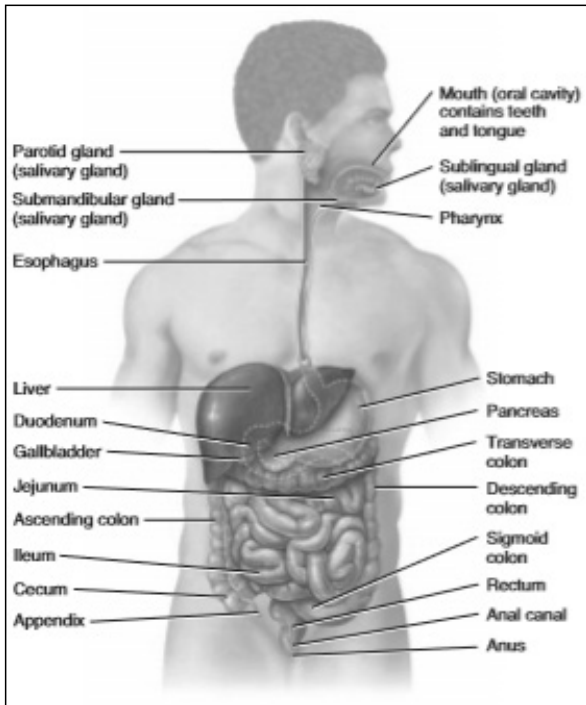
Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa mengetahui prinsip dasar sistem digesti
2. Mahasiswa mengetahui anatomi sistem digesti
3. Mahasiswa mengetahui fisiologi sistem digesti
4. Mahasiswa mengetahui tahapan dan proses sistem digesti

XIII. 1. Prinsip dasar sistem digesti

Sistem digesti adalah sistem organ yang memproses makanan, mengekstrak nutrisi dari makanan tersebut dan mengeliminasi zat sisa. Sistem digesti terbagi dalam 2 subdivisi anatomi yaitu traktus digesti dan organ asesoris. Traktus digesti dikenal pula dengan nama kanal alimentari. Traktus digesti meliputi rongga mulut, faring, esofagus, lambung, usus halus dan usus besar. Organ asesoris meliputi gigi, lidah, kelenjar saliva, hati, empedu dan pankreas.

XIII. 2. Anatomi sistem digesti

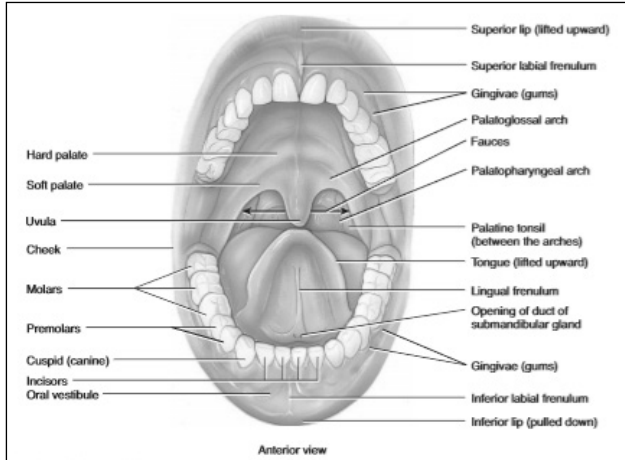


Gambar 13. 1. Anatomi sistem digesti (Tortora & Derrickson, 2012)

Traktus Digesti

1. Mulut

Mulut atau sering disebut dengan rongga mulut adalah organ yang berperan sebagai jalan masuknya makanan, pengecap rasa, mengunyah, memecah makanan secara kimiawi, berbagai respon sensori terhadap makanan, berbicara, dan respirasi. Beberapa bagian yang terlibat dalam fungsi sistem digesti di mulut diantaranya bibir, lidah, palate (langit-langit), gigi, saliva dan kelenjar saliva.



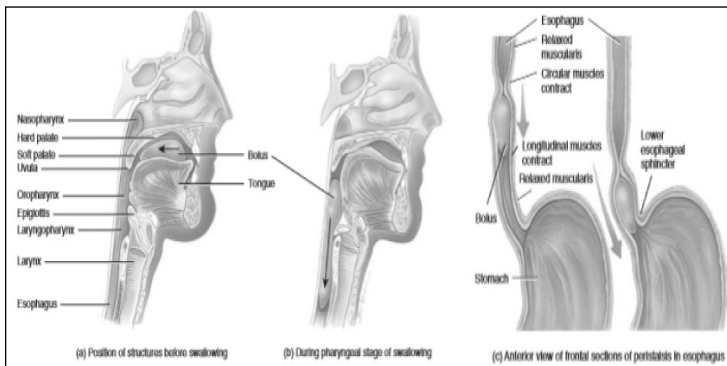
Gambar 13. 2. Struktur mulut (Rongga Mulut) (Tortora & Derrickson, 2012)

2. Faring

Faring tersusun atas otot skelet yang melingkar dan berperan mendorong makanan masuk saat menelan.

3. Esofagus

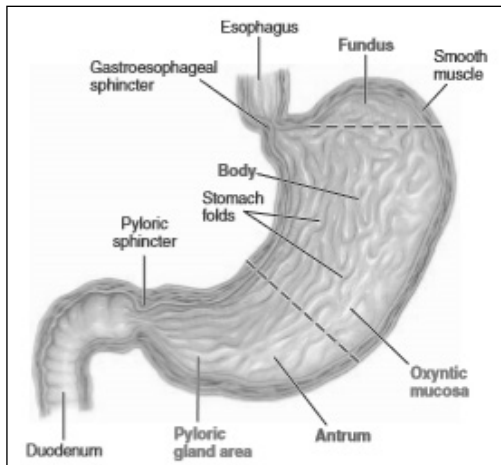
Esofagus adalah otot yang terbentang dari mulut hingga lambung. Gerakan peristaltik yang terjadi esofagus mengakibatkan makanan masuk menuju lambung.



Gambar 13. 3. Posisi dan struktur esofagus (Tortora & Derrickson, 2012)

4. Lambung

Lambung adalah organ yang menyerupai huruf "J" yang menghubungkan esofagus dan usus kecil. Secara anatomi, histologi dan fungsinya lambung terbagi menjadi 3 yaitu *fundus*, *body* dan *antrum*. *Fundus* adalah bagian lambung yang berada di bagian paling atas lambung. Bagian tengah lambung disebut *body* dan bagian terbawahnya adalah *antrum*.



Gambar 13. 4. Anatomi Lambung (Sherwood, 2007)

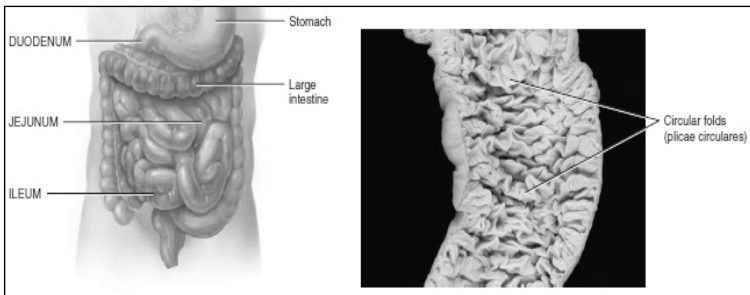
Lapisan otot halus yang melapisi *fundus* dan *body* lebih tipis dibandingkan dengan *antrum* yang lebih tebal. Bagian terakhir lambung adalah *sphincter pyloric* yang berperan membatasi lambung dengan bagian teratas usus halus (duodenum). Tahapan sekresi yang terjadi di lambung terbagi dalam 3 tahap yaitu cephalic, gastric dan intestinal.

5. Usus halus

Usus halus adalah organ sistem pencernaan yang memiliki peran paling besar dalam mencerna dan mengabsorpsi makanan. Usus halus memiliki diameter sekitar 2,5 cm dan panjang sekitar 3

m (6 m pada manusia yang mati, karena tonus otot menghilang) yang memanjang dari lambung tepatnya di pyloric spinchter hingga caecum (bagian awal usus besar).

Usus halus terbagi menjadi 3 segmen yaitu duodenum, jejunum dan ileum. Doudenum adalah bagian terpendek yang memiliki panjang kurang lebih 25 cm, dan sebagai tempat masuknya saluran empedu yang utama tepatnya pada bagian hepatopancreatic ampulla. Jejunum memiliki panjang sekitar 1 m, sedangkan ileum sebagai bagian terpanjang dengan panjang sekitar 2 m dan terhubung dengan usus besar pada otot spinchter halus yang disebut ileocecal spinchter.

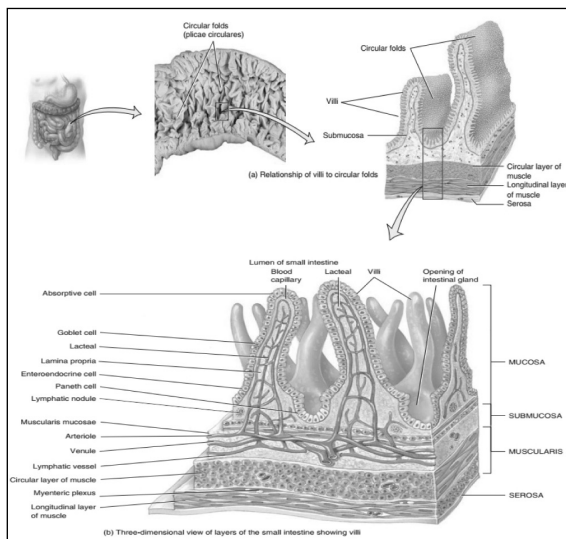


Gambar 13. 5. Anatomi usus halus (Tortora & Derrickson, 2012)

Lapisan dinding usus halus terdiri dari 4 lapisan, yang sama seperti sebagian besar saluran pencernaan lainnya yaitu mukosa, submukosa, muskularis dan serosa. Meskipun begitu, usus halus memiliki komponen yang spesifik untuk membantu proses pencernaan dan absorpsi. Komponen khusus tersebut adalah lipatan sirkular (*circular folds*), vili dan mikrovili.

- a. Lipatan sirkular merupakan lipatan dari lapisan mukosa dan submukosa. Lipatan sirkular berperan dalam meningkatkan absorpsi makanan dengan memperluas permukaan area penyerapan.

- b. Vili berperan dalam memperluas area pencernaan dan penyerapan pada epitelium. Villus (bentuk tunggal dari vili) dibungkus oleh epitelium dan memiliki inti pada lamina propia. Kemudian pada jaringan penghubung lamina propria melekatlah arteriola, venula, jaringan kapiler dan limpatik kapiler (lakteal). Nutrisi yang diabsorpsi oleh sel epitel yang membungkus villus dibawa masing-masing melalui dinding kapiler atau lakteal menuju darah dan limpa.
- c. Mikrovili terletak di bagian apikal sel absorpsi (*Absorptive Sel*) dan memiliki ukuran yang sangat kecil (bahkan melalui mikroskop pun masih sulit melihat mikrovili secara tunggal) dan terletak di bagian apikal sel absorpsi. Ada sekitar 200 juta mikrovili per milimeter kuadrat usus halus. Mikrovili berperan dalam meningkatkan luas permukaan area membran plasma, sehingga nutrisi dapat bergerak menuju sel absorpsi dalam periode tertentu.

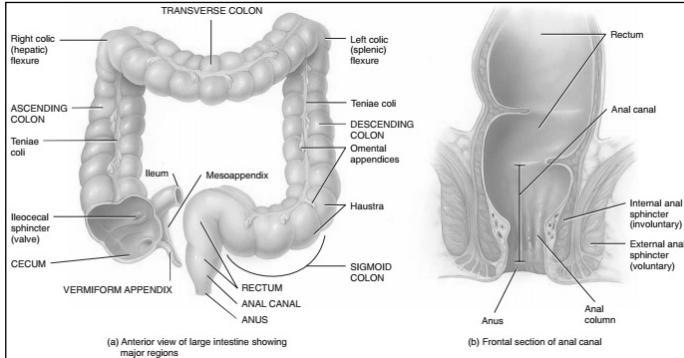


Gambar 13. 6. Lapisan usus halus (Tortora & Derrickson, 2012)

6. Usus besar

Usus besar memiliki diameter 6,5 cm dan panjang 1,5 m memanjang dari ileum hingga anus. Pintu masuk ileum ke usus besar adalah lipatan membran mukosa yang disebut sphincter ileocecal yang membawa material dari usus halus ke usus besar. Secara struktur, usus besar terbagi menjadi 4 regio besar yaitu cecum, colon, rektum dan kanal anal.

- a) Cecum adalah sebuah kantung kecil dengan panjang 6 cm yang membatasi usus besar dan usus halus. Terdapat sebuah saluran kecil seperti cacing menempel pada cecum yang disebut appendix atau vermiform appendix. Lapisan appendix yang menempel pada bagian inferior cecum disebut mesoappendix.
- b) Colon adalah sebuah saluran panjang yang terdiri dari 4 bagian yaitu ascending, transverse, descending dan sigmoid. Sesuai dengan namanya colon ascending (naik) berada di sebelah kanan abdomen, colon transverse membentang dari bagian kanan ke bagian kiri abdomen. Colon descending (turun) berada di sebelah kiri abdomen, dan colon sigmoid yang memiliki bentuk seperti huruf S.
- c) Rektum adalah bagian akhir dari saluran pencernaan dengan panjang sekitar 20 cm
- d) Kanal anal adalah bagian akhir dari rektum dengan panjang sekitar 2-3 cm. Lapisan membran mukosa yang membujur di kanal anal disebut kolum anal (mengandung jaring vena dan arteri) dan bagian yang agak ke dalam disebut sinus anal. Pintu keluar kanal anal disebut anus, yang dilindungi oleh otot halus dari sphincter anal interna yang bekerja secara tidak sadar dan otot skelet dari sphincter anal eksterna yang bekerja secara sadar. Secara normal kedua sphincter ini menutup, kecuali saat eliminasi feses.



Gambar 13. 7. Anatomi usus besar (Tortora & Derrickson, 2012)

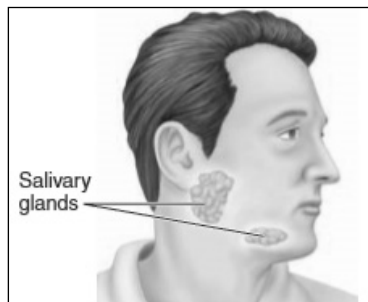
Organ asesoris

1. Lidah

Lidah adalah organ sensori yang tersusun atas otot skelet yang dibungkus oleh membrane mukosa. Lidah bersama otot yang terhubung membentuk dasar dari rongga mulut.

2. Kelenjar saliva

Kelenjar saliva terdiri atas intrinsik dan ekstrinsik. Bagian intrinsik terdiri dari kelenjar berukuran kecil dan banyak tersebar di tengah-tengah jaringan mulut yang lain. Bagian ekstrinsik terdiri dari tiga pasang kelenjar yang besar yang terletak di luar mukosa mulut.



Gambar 13. 8. Letak kelenjar saliva (Sherwood, 2007)

3. Gigi

Gigi bersama lidah dan kelear saliva terlibat dalam proses mengunyah (mastikasi) dan disebut sebagai pencernaan mekanik. Hasilnya berupa makanan yang semakin lunak, lentur, dan mudah ditelan yang disebut bolus. Sedangkan pencernaan kimiawi dibantu oleh 2 enzim yaitu lipase dan amilase.

4. Hati dan kantong empedu

Pankreas adalah sebuah kelenjar di bagian retroperitoneal dengan panjang 12-15 cm dan ketebalan 2,5 cm dan berada di bagian posterior lambung. Pankreas terdiri atas bagian kepala, badan dan ekor serta terhubung dengan duodenum melalui ductus pankreatikus dan ductus asesorius.

Ductus pankreatikus bergabung dengan duktus empedu utama dari hati dan kantung empedu, kemudian masuk ke duodenum sebagai saluran yang disebut hepatopancreatic ampulla. Otot halus yang mengatur pergerakan substansi yang masuk dari hepatopancreatic ampulla disebut sphincter oddi. Sedangkan duktus asesorius disebut juga duktus santorini memiliki panjang sekitar 2,5 cm di bagian superior dari hepatopancreatic ampulla.

Pankreas tersusun atas acini (99%) dan pancreatic islet (1%). Acini disebut sebagai bagian eksokrin pankreas yang berperan dalam mensekresikan campuran antara cairan dan enzim pencernaan yang disebut cairan pankreas (pancreas juice). Cairan pankreas diproduksi sebanyak 1200-1500 ml per harinya yang mengandung air, garam, enzim dan sodium bikarbonat. Sedangkan pancreatic islet disebut sebagai bagian endokrin pankreas yang berperan dalam sekresi hormon insulin, glukagon, somatostatin dan polipeptida pankreas.

5. Pankreas

Hati adalah kelenjar terbesar dalam tubuh manusia dengan berat sekitar 1,4 kg pada orang dewasa. Hati terletak di bagian

inferior diafragma dan di regio epigastrik rongga abdominopelvic. Hati dari terdiri dari lobus utama yaitu bagian kiri dan kanan yang dipisahkan oleh falciform ligament. Selain itu, terdapat lobus kuadrat dan kaudat yang secara anatomi berada di lobus kanan, meskipun secara morfologi (khususnya distribusi pembuluh darah) lebih tepat dimasukkan dalam lobus kiri.

Lobus hati tersusun atas hepatosit (sel hati), sinusoid, sel kupffer dan vena sentral. Sel-sel hati memproduksi cairan empedu yang dibawa oleh sistem duktus menuju kantong empedu. Kantung empedu adalah kantung yang berbentuk seperti buah pir serta terdiri dari fundus, badan dan leher. Kantung empedu menggantung di batas inferior anterior hati dengan panjang 7-10 cm . Kantung empedu terletak di bawah bagian posterior hati dan berperan dalam pemekatan dan penyimpanan sementara cairan empedu.

Setiap hari sel-sel hepatosit menghasilkan 800-1000 ml empedu yang mengandung air, garam empedu, kolesterol, lechitin, pigmen empedu dan ion-ion. Pigmen utama empedu adalah bililrubin yang disekresikan ke dalam empedu dan dipecah di usus halus. Salah satu hasil pemecahannya adalah sterkobilin yang memberikan pewarnaan coklat pada feses. Saat proses pencernaan dan absorpsi terjadi di usus halus, sel-sel hepatosit akan meningkatkan pelepasan empedu. Setelah sebagian besar makanan telah diabsorpsi, empedu mengalir menuju kantung empedu untuk disimpan karena sphincter oddi menutup jalan menuju duodenum.

Selain mensekresi empedu, hati memiliki fungsi sebagai berikut:

a Metabolisme karbohidrat

Hati berperan penting dalam menjaga kenormalan glukosa darah. Ketika glukosa darah rendah, maka hati akan memecah glukagon menjadi glukosa dan melepas glukosa

ke peredaran darah. Sedangkan saat glukosa darah tinggi, hati mengubah glukosa menjadi glukagon dan trigliserida untuk persediaan.

b Metabolisme lemak

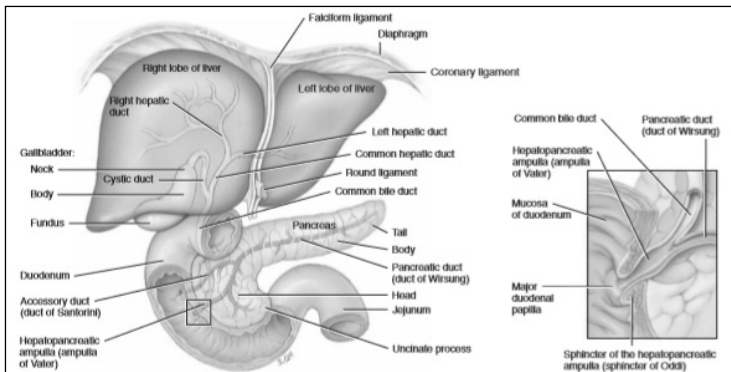
Sel-sel hati menyimpan trigliserida, sintesis lipoprotein, sintesis kolesterol dan menggunakannya untuk pembentukan garam empedu.

c Metabolisme protein

Sel-sel hepatosit mensintesis sebagian besar plasma protein seperti beta globulin, prothrombin, albumin dan fibrinogen.

d Penyimpanan vitamin A, B12, D, E, K dan mineral yang akan dilepasakan saat tubuh memerlukan

e Ekskresi bilirubin dan aktifasi vitamin D



Gambar 13. 9. Anatomi hati, empedu dan pancreas (Tortora & Derrickson, 2012)

XIII. 3. Fisiologi sistem digesti

Fungsi usus halus

Fungsi usus halus meliputi:

1. Mencampur kimus (bahan setengah cair) dengan cairan digesti dan membawanya ke mukosa untuk diserap

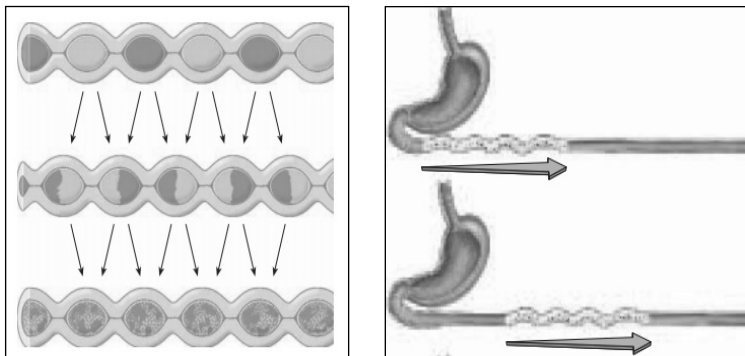
2. Menyerap secara lengkap unsur karbohidrat, protein dan lemak
3. Menyerap sekitar 90% nutrisi dan air yang melalui sistem digesti

Proses pencernaan di usus halus

Proses pencernaan di usus halus terdiri atas 2 proses yaitu pencernaan mekanik dan kimiawi

1. Mekanik

Proses secara mekanik terdiri 2 gerakan yaitu segmentasi dan peristaltik/motilitas. Segmentasi adalah proses mencampur kimus dengan cairan digesti dan membawa partikel-partikel makanan ke mukosa untuk diabsorpsi. Segmentasi terjadi sangat cepat di duodenum sekitar 12 kali per menit kemudian menurun menjadi sekitar 8 kali per menit di ileum. Setelah sebagian besar makanan diserap, distensi dinding usus halus menurun, segmentasi terhenti dan peristaltik dimulai. Gerakan peristaltik atau motilitas yang terjadi di usus halus ini dikenal dengan istilah Migration Motility Complex (MMC). MMC secara perlahan mendorong makanan ke bagian bawah usus halus hingga mencapai ileum dalam 90-120 menit.



Gambar 13. 10. Proses segmentasi dan *Migration Motility Complex* (MMC)
(Sherwood, 2007; Tortora & Derrickson, 2012)

2. Kimiawi

Proses akhir pencernaan karbohidrat, protein dan lemak terjadi di usus halus dimana hasil kerjasama empedu, cairan pankreas dan usus. Cairan usus halus berwarna kuning jernih dan diproduksi setiap hari sekitar 1-2 liter. Cairan usus halus mengandung mukus, air dan sedikit alkali yang bersama cairan pankreas membantu penyerapan makanan di usus halus.

Fungsi usus besar

Fungsi usus besar adalah sebagai berikut:

1. Gerak peristaltik di usus besar membawa sisa makanan dari usus halus menuju rektum
2. Merubah protein menjadi asam amino (oleh bakteri di usus besar), menyerap sejumlah air, ion-ion dan produksi vitamin seperti vitamin B dan K
3. Membentuk feses
4. Defekasi (pengosongan rektum)

Proses pencernaan di usus besar

Proses pencernaan di usus besar terjadi secara mekanik dan kimiawi:

1. Mekanik

Pergerakan pada usus besar diawali ketika substansi makanan melewati sphincter ileocecal kemudian memenuhi cecum serta terakumulasi di colon asendens. Salah satu pergerakan pada usus besar adalah *haustral churning* yaitu perpindahan substansi makanan dari haustrum (kantong kecil akibat lekukan pada usus besar) satu menuju haustrum yang lain. Selanjutnya yakni gerak peristaltik, yaitu pergerakan substansi makanan sepanjang usus besar oleh kontraksi otot longitudinal dan sirkular. Selain itu juga terjadi gerak *mass peristalsis* dimana gerakan mempercepat substansi makanan menuju colon sigmoid dan rektum.

2. Kimiawi

Proses pencernaan secara kimiawi di usus besar diperankan oleh bakteri *Escherichia Coli*. Bakteri ini membantu proses eliminasi kimus dengan memfermentasikan sisa karbohidrat, dan melepaskan hidrogen, karbondioksida dan gas metana. Gas inilah yang menjadi awal dari flatus (gas) dan peristiwa pengeluaran gas ini disebut *flatulance* (Buang angin/kentut). Bakteri juga membantu mengubah sisa protein menjadi asam amino dan substansi yang lebih sederhana seperti indole, skatole, hydrogen sulfida dan asam lemak. Indole dan skatole inilah yang ikut berperan memberikan bau pada feses. Selain itu bakteri juga membantu membusukkan bilirubin menjadi pigmen sederhana termasuk stercobilin yang berperan dalam pewarnaan feses.

Refleks defekasi

Defekasi diawali oleh pergerakan mass peristalsis yang mendorong material feses dari colon sigmoid menuju rektum sehingga menimbulkan distensi dinding rektum. Saat dinding rektum mengalami distensi, reseptor mengirimkan impuls saraf sensori menuju korda spinalis sacral. Kemudian impuls motor dari korda spinal bergerak sepanjang saraf parasimpatis menuju colon descending, colon sigmoid, rektum dan anus.

Selanjutnya, terjadi kontraksi otot longitudinal rektum yang membuat rektum memendek dan meningkatkan tekanan yang ada didalamnya. Tekanan ini menyebabkan kontraksi otot diafragma dan abdominal serta stimulus saraf parasimpatis hingga membuat sphincter anal interna terbuka. Sementara itu, sphincter anal eksterna bekerja secara sadar dimana saat relaksasi akan membuat feses keluar dari anus dan sebaliknya jika berkonstriksi proses defekasi dapat ditunda.

XIII. 4. Tahapan dan proses sistem digesti

Ada 4 tahap dalam sistem digesti yaitu:

1. Ingesti
Yaitu proses memasukkan makanan ke dalam mulut.
2. Digesti
Yaitu proses memecah makanan sehingga dapat digunakan oleh tubuh baik secara mekanik maupun kimiawi.
3. Absorpsi
Yaitu proses penyerapan molekul makanan menuju sel epitel traktus digesti kemudian menuju darah dan limfa.
4. Defekasi
Yaitu proses eliminasi bahan sisa yang tidak dicerna.

Kontrol pencernaan (inervasi saraf pada saluran pencernaan: fase cephalic, fase gastric dan fase intestinal)

1. Fase cephalic
Selama fase cephalic, stimulus berupa bau, pikiran, kemudian mengaktifasi nervus kranial VII (facial), IX (glossopharyngeal), X (vagus). Saraf facial dan glossopharyngeal mengstimulasi kelenjar saliva untuk memproduksi saliva, sementara itu saraf vagus menstimulasi kelenjar lambung untuk memproduksi cairan lambung (stomach juice). Tujuan fase cephalic adalah untuk mempersiapkan mulut dan lambung terhadap makananan yang akan dimakan.
2. Fase gastric
Fase gastric dimulai saat makanan telah sampai ke lambung. Makanan yang dicerna menstimulus aktivitas di lambung melalui 2 cara yaitu meregangkan lambung dan meningkatkan pH makanan yang da di lambung. Peregangan lambung mengaktifasi 2 refleks yaitu refleks singkat melalui saraf mienteric plexus dan refleks panjang melalui saraf vagus dan batang otak. Kedua refleks ini memicu adanya sekresi di lambung. Selain itu, peningkatan

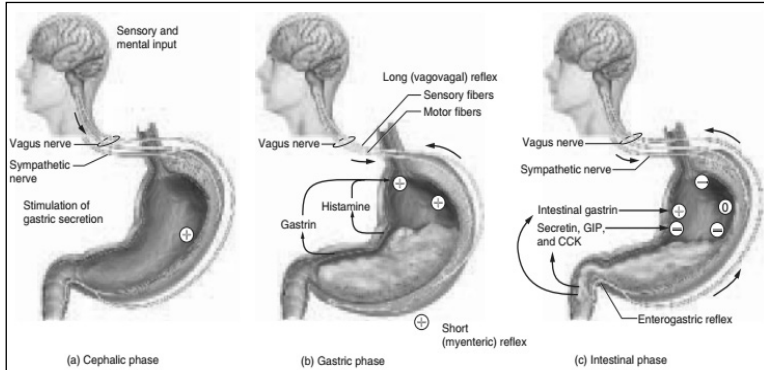
gastrin dan histamin turut serta menstimulasi sekresi asam dan enzim di lambung

3. Fase intestinal

Fase intestinal dimulai saat makanan telah sampai ke usus halus. Berbeda dengan refleks pada fase cephalic dan gastric yang meningkatkan aktivitas dan motilitas, pada fase intestinal terdapat aktivitas yang dapat memperlambat masuknya kimus dari lambung ke usus besar. Hal ini mencegah duodenum bekerja secara berlebihan melebihi kapasitas yang dimilikinya. Aktivitas pada fase cephalic dipengaruhi oleh mekanisme saraf dan hormon.

Mekanisme saraf ditandai dengan adanya refleks enterogastric yang diakibatkan terisinya duodenum oleh kimus. Receptor peregangan pada dinding duodenum mengirimkan impuls ke medula oblongata yang akan menghambat stimulus parasimpatis dan mengaktifasi saraf simpatis. Hal ini menyebabkan motilitas di lambung menurun dan terdapat peningkatan kontraksi sphincter pyloric sehingga terjadi penurunan proses pengosongan lambung.

Mekanisme hormon di fase intestinal diperankan oleh 3 hormon yaitu kolesitokinin, gastric inhibitory peptide, dan sekretin. Ketiga hormon ini berperan dalam menurunkan sekresi dan motilitas di lambung. Sehingga meningkatkan kontraksi sphincter pyloric dan membatasi masuknya kimus yang lebih banyak ke dalam duodenum. Hal ini bertujuan agar duodenum memiliki waktu untuk mencerna kimus yang ada sebelum kimus yang selanjutnya datang.



Gambar 13. 11. Inervasi saraf pada saluran pencernaan (Saladin, 2003)

DAFTAR PUSTAKA

- Saladin K, 2003. *Integration and Control. Anatomy and Physiology: The Unity of Form and Function, 3rd Edition*. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc. Chapter 25, Pages: 939-984.
- Sherwood L, 2007. *Human Physiology From Cells to Systems, 7th edition*. Canada: Brooks/Cole Cengage Learning. Chapter 16, Pages: 589-640.
- Tortora GJ & Derrickson B, 2012. *Principles of Anatomy & Physiology, 13th Edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc. Chapter 24, Pages: 967-1023.

Latihan Soal

1. Seorang pasien perempuan dibawa ke rumah sakit akibat masalah pencernaan. Pasien menyampaikan memiliki riwayat sakit di bagian lever (hati). Termasuk pembagian apakah organ yang mengalami kerusakan pada kasus diatas ?
 - A. Organ Asesoris
 - B. Sistem Digesti
 - C. Traktus Digesti
 - D. Kanal Alimentari
 - E. Sistem Pencernaan
2. Apakah yang dimaksud tahap defekasi pada sistem pencernaan?
 - A. Proses pengumpulan makanan
 - B. Proses memasukkan makanan
 - C. Proses penyerapan molekul
 - D. Proses memecah makanan
 - E. Proses eliminasi bahan sisa
3. Seorang pasien laki-laki datang ke poliklinik dengan keluhan sulit menelan. Makanan yang masuk ke mulut pasien tidak bisa menuju ke lambung. Gerakan apakah yang dapat membantu makanan masuk ke lambung?
 - A. Segmentasi
 - B. Peristaltik
 - C. Ascendens
 - D. Descendens
 - E. Ingesti
4. Apakah nama bagian lambung yang berada paling atas ?
 - A. Antrum
 - B. Badan
 - C. Fundus

- D. Cephalic
 - E. Rugae
5. Seorang mahasiswa sedang mempelajari anatomi lambung. Ia menemukan bagian yang membatasi lambung dengan bagian usus halus paling atas. Apakah nama bagian yang ditemukan oleh mahasiswa tersebut ?
- A. Gastric
 - B. sphincter pyloric
 - C. Intestinal
 - D. Mukosa
 - E. Body
6. Apakah nama bagian usus halus yang paling bawah ?
- A. Duodenum
 - B. Jejunum
 - C. Ileum
 - D. Motor
 - E. Sensor
7. Seorang pasien perempuan dibawa ke rumah sakit akibat sulit buang air besar (BAB). Ia berkata tidak bisa BAB sudah 3 hari. Organ apakah yang mengalami masalah pada kasus di atas?
- A. Bilirubin
 - B. Lambung
 - C. Pankreas
 - D. Usus besar
 - E. Urobilirubin
8. Apakah nama enzim yang terlibat dalam pencernaan kimiawi di rongga mulut ?
- A. Lipase dan Amilase

- B. Lipase dan Pepsin
 - C. Amilase dan Pepsin
 - D. Renin dan Lipase
 - E. Renin dan Amilase
9. Seorang anak di rawat di rumah sakit dengan masalah pencernaan. Sistem pencernaannya tidak mampu mensintesis cairan empedu. Organ apakah yang mengalami kerusakan pada kasus diatas?
- A. Hati
 - B. Kantong empedu
 - C. Duktus cystikus
 - D. Duktus asesorius
 - E. Sphincter Oddi
10. Apakah nama hormon yang diproduksi oleh pankreas?
- A. Insulin dan Renin
 - B. Renin dan Glukagon
 - C. Insulin dan Glukagon
 - D. Renin dan Angiotensin
 - E. Insulin dan Glukagon

BAB XIV

Sistem Muskular

Oleh: Nurvita Risdiana, S. Kep., Ns., M. Sc.

Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa memahami tentang fungsi, manfaat dari jaringan otot
2. Mahasiswa memahami tentang macam-macam jaringan otot
3. Mahasiswa memahami tentang histologi jaringan otot
4. Mahasiswa memahami tentang persyarafan dan pembuluh darah pada jaringan otot
5. Mahasiswa memahami tentang mekanisme kontraksi otot
6. Mahasiswa memahami tentang neuromuscular junction

XIV. 1. Fungsi dan manfaat jaringan otot

Fungsi jaringan otot

1. Menghasilkan pergerakan
2. Menstabilkan posisi tubuh
3. Menyimpan dan mengirimkan substansi ke seluruh tubuh
4. Menghasilkan panas

Manfaat jaringan otot

1. Electrical excitability

Adalah kemampuan otot untuk melakukan potensial aksi. Potensial aksi bersifat autoritmik dan diperantarai adanya stimulus kimia berupa neurotransmitter, hormone dan PH

2. Contractility
Adalah kemampuan jaringan otot untuk berkontraksi setelah distimulasi potensial aksi
3. Extensibility
Adalah kemampuan otot untuk stretching dengan batas tertentu dan tanpa terjadi kerusakan. Otot polos memiliki kemampuan stretching paling besar.
4. Elasticity
Adalah kemampuan otot untuk kembali ke bentuk semula

XIV. 2. Macam-macam jaringan otot

Sistem muscular atau yang dikenal dengan otot merupakan bagian dari system tubuh yang menyebabkan pergerakan karena merupakan jaringan kontraktil. Pergerakan system muscular dikontrol oleh saraf. Sebagian otot dapat digerakkan secara sadar (volunter) seperti otot skeletal dan ada yang digerakkan secara tidak sadar (involunter).

Jaringan otot didalam tubuh kita terbagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Jaringan otot skelet
2. Jaringan otot jantung
3. Jaringan otot polos

Jaringan otot skelet

Sesuai dengan namanya yaitu skelet, maka jaringan otot skelet berfungsi untuk menggerakkan skeleton. Jaringan otot skelet menempel pada skeleton. Karakteristik jaringan otot skelet adalah bersifat lurik karena tersusun atas protein gelap dan terang. Karena menempel pada tulang maka jaringan otot skelet bersifat sadar (volunteer) dan bekerja diatas perintah. Karena bekerja secara sadar, maka berkerjanya dikontrol oleh system saraf yang merupakan bagian system saraf somatic. Meskipun jaringan otot skeletal bekerja secara

sadar, namun ada beberapa jaringan otot skeletal yang bekerja dibawah kesadaran yaitu otot-otot diafragma dan dalam kondisi mempertahankan posisi tubuh.

Otot skeletal tersusun oleh ratusan s.d ribuan sel yang disebut sebagai *muscle fibers*. Disebut muscle fibers karena berbentuk *elongated* (memanjang). Terdiri dari jaringan connectivus yang mempunyai fungsi antara lain:

1. Melindungi dan mengelilingi jaringan otot
2. Terdapat jalur persyarafan, pembuluh darah, jaringan limfatik yang masuk dan keluar otot

Pada jaringan subcutan terdapat adiposa berperan mencegah kehilangan panas dan melindungi otot dari trauma.

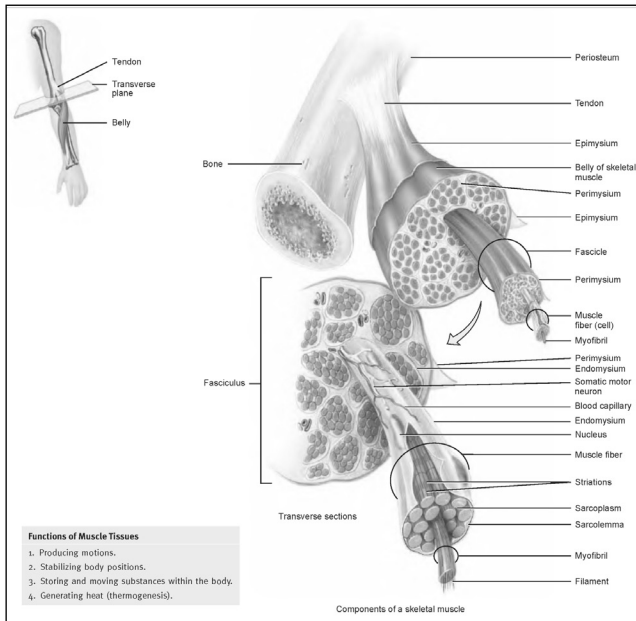
Jaringan otot jantung

Sesuai dengan namanya yaitu otot jantung, maka otot jantung merupakan penyusun organ jantung dan membentuk sebagian besar dinding jantung. Jaringan otot jantung merupakan otot lurik dan bersifat tidak sadar (involunter). Jaringan otot jantung mempunyai peacemaker yang berfungsi untuk menginisiasi kontraksi. Selain itu jaringan otot jantung mempunyai sifat autoritmik. Pergerakan dari otot jantung dipengaruhi oleh hormon dan neurotransmitter yang akan mempercepat atau memperlambat denyut jantung melalui peacemaker.

Jaringan otot polos

Jaringan otot polos bersifat polos. Jaringan otot polos menyusun sebagian besar organ visceral/internal, antara lain: dinding pembuluh darah, jalan nafas, sebagian besar organ di abdominal dan system gastrointestinal, dikulit dekat dengan folikel rambut. Jaringan otot polos bersifat tidak sadar (involunter), Jaringan otot polos diregulasi oleh saraf autoritmik dan hormone.

XIV. 3. Histologi jaringan otot



Gambar 14. 1. Jaringan otot (Tortora & Derickson, 2009)

Jaringan otot tersusun atas jaringan connectivus yang terdiri atas 3 lapisan sebagai berikut:

1. Epimysium (terluar)

Bagian ini terdiri atas jaringan connectivus irregular yang berfungsi untuk melingkari otot.

2. Perimysium

Tersusun atas jaringan connectivus irregular yang merupakan lapisan padat. 10-100 serat otot akan membentuk fascicles. Fascicles membungkus otot yang mempunyai fungsi yang sama. Fascicles terdapat pembuluh darah, persyarafan dan memenuhi ruang otot.

3. Endomisium

Merupakan bagian inferior dan membatasi satu serat otot Epimisium, perimisium dan endomisium selanjutnya akan melekat pada otot rangka seperti tulang atau otot yang lain.

XIV. 4. Persyarafan dan pembuluh darah pada jaringan otot

Otot skeletal disuplai dengan baik oleh saraf dan pembuluh darah. Pada umumnya terdapat arteri dan vena pada otot skelet. Neuron akan menstimulasi otot skeletal untuk berkontraksi disebut sebagai somatic motor neuron. Setiap motor neuron berbentuk benang axon yang terbentang dari otak atau spinal cord ke kelompok serat otot.

Motor neuron

Jaringan otot terdapat banyak pembuluh darah yang disebut pembuluh kapiler. Pembuluh kapiler akan mensuplai oksigen dan nutrien serta menghilangkan panas dan produk buangan hasil metabolisme. Pada saat kontraksi serat otot akan mensintesis dan menggunakan ATP.

Serat otot

1. Diameter 10-100 μ m
2. Panjang 10 cm, ada yang mencapai 30 cm
3. berkembang sejak embrionik berasal dari gabungan ratusan atau lebih sel mesodermal yang disebut myoblast
4. Setiap serat otot yang matur mempunyai seratus atau lebih nuklei
5. Jumlah dari serat otot skeletal sudah terbentuk sebelum lahir

Sarkolema dan T tubulus

1. Merupakan plasma membran sel otot
2. Nuklei dari serat otot skelet melekat pada sarkolema
3. Invaginasi sarkolema \rightarrow transverse (T) tubule (terowongan dari pusat serat otot pada setiap serat otot)

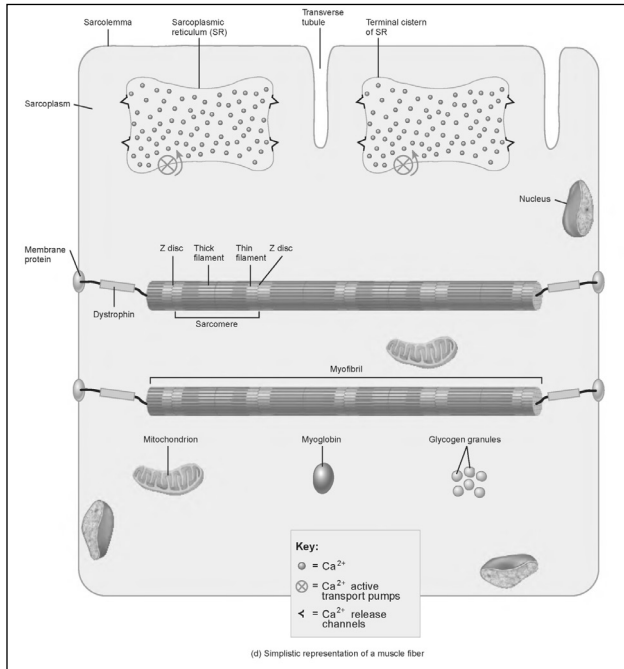
4. Potensial aksi otot berjalan sepanjang sarkolema melalui T tubule, menyebar secara cepat ke serat otot

Sarkoplasma

1. Sitoplasma serat otot
2. Sarkoplasma terdapat substansi glikogen
3. Terdapat myoglobin (protein berwarna merah)
4. Myoglobin hanya terdapat di otot
5. Myoglobin mengikat oksigen yang kemudian berdifusi ke cairan interstitial pada serat otot
6. Myoglobin melepaskan oksigen yang dibutuhkan oleh mitokondria untuk produksi ATP
7. Mitokondria terletak strategis pada serat otot yang dekat dengan protein kontraktil

Myofibril

1. Organela kontraktil pada otot skeletal
2. Striated/lurik
3. Cairan berupa kantung disebut sarkoplasmik retikulum, mengelilingi myofibril
4. Sarkoplasmik retikulum sama dengan retikulum endoplasma pada sel nonmuscular



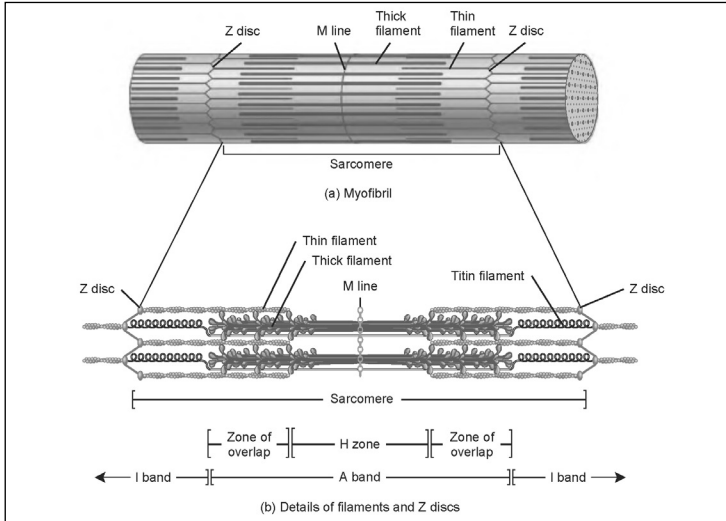
Gambar 14. 2. Serat otot (Tortora & Derickson, 2009)

Filamen

1. Protein terkecil pada myofibril disebut sebagai filament/ myofilament
2. Myofilament tersusun atas dua protein:
 - a. Thick filament/filament tebal
 - b. Thin filament/filament tipis
3. Filamen tebal dan tipis berkorelasi langsung dengan kontraksi otot

Sarkomer

1. Satu basic unit fungsional myofibril
2. Z disc memisahkan dari 1 sarkomer ke sarkomer yang lain
3. Satu sarkomer terbentang dari Z disc ke Z disc



Gambar 14. 3. Filamen (Tortora & Derickson, 2009)

Protein otot

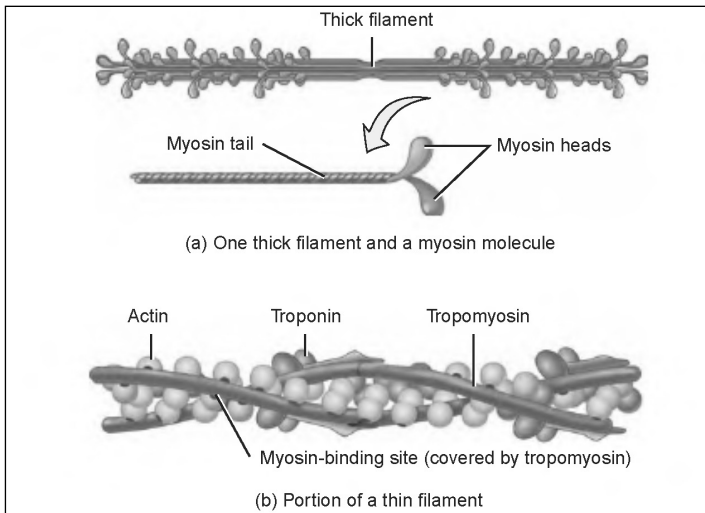
Myofibril terbentuk dari 3 protein:

1. Kontraktil
Memberikan tekanan pada saat kontraksi
2. Regulatori
Menghentikan dan memulai kontraksi
3. Struktural
 - a Menjaga filamen tebal dan tipis pada tempatnya
 - b Memberikan elastisitas dan ekstensibilitas myofibril
 - c Menghubungkan miofibril ke sarkolema dan matix ekstraseluler

Protein kontraktil otot

1. Miosin
 - a. Komponen utama dari filamen tebal
 - b. Fungsi sebagai protein motor

- c. Protein motor akan merubah energi kimia ATP menjadi energi mekanik
 - d. Berbentuk seperti tongkat golf: myosin head dan myosin tail
2. Aktin
- a. Komponen utama dari filament tipis
 - b. Setiap molekul aktin terdapat *myosin binding site*, dimana kepala myosin akan menempel



Gambar 14. 4. Filamen tebal dan tipis (Tortora & Derickson, 2009)

Protein regulatori

1. Tropomyosin dan troponin
2. Merupakan bagian dari filamen tipis
3. Ketika otot relaksasi myosin dihalangi berlekatan dengan aktin karena tropomyosin menutupi *myosin-binding site* aktin.

Protein structural

1. Berkontribusi dalam alignment, stability, elasticity, dan extensibility myofibril.

2. Struktural protein seperti: titin, α -actinin, myomesin, nebulin, dystrophin

Kontraksi dan relaksasi otot skeletal

1. Panjang filament tebal dan tipis sama pada saat kontraksi dan relaksasi
2. Otot skeletal menjadi lebih pendek pada saat kontraksi karena terjadi sliding filament antara filament tebal dan tipis

XIV. 5. Mekanisme kontraksi otot

Mekanisme kontraksi otot terdiri atas beberapa tahapan sebagai berikut (Gambar 14. 7)

Mekanisme sliding filament

1. Kontraksi otot terjadi karena kepala miosin berlekatan dan berjalan sepanjang filament tipis disepanjang M-line
2. Pada saat filament tipis menyelip kedalam dan bertemu pada pusat sarkomer, disc Z mendekat, sarkomere memendek
3. Pada saat kontraksi panjang filament tebal dan tipis tidak berubah

Siklus kontraksi

- Pada saat kontraksi, retikulum sarkoplasmik melepaskan ion kalsium (Ca^{2+}) ke sarkoplasma
- Ca berikatan dengan troponin
- Troponin akan menggerakkan tropomyosin menjauhi myosin binding site.
- Ketika binding site "free" siklus kontraksi akan menyebabkan mulainya sliding filament.
- Siklus kontraksi terdiri dari 4 step

Tahapan kontraksi

1. Hidrolisis ATP
 - Kepala myosin mengandung ATP-binding site dan ATP-ase

- (enzim yang menghidrolisis ATP menjadi ADP dan Phosphat)
- Hidrolisis ini akan memberikan energi pada kepala myosin
2. Melekatnya myosin ke aktin untuk membentuk cross-bridges
 - Energi pada kepala myosin yang berlekatan dengan *myosin binding site* di aktin dan melepaskan fosfat
 - Ketika myosin berlekatan pada aktin pada saat kontraksi disebut sebagai *cross bridge*
 3. Power stroke
 - Setelah *cross bride* maka akan terjadi *power stroke*
 - Melepaskan ADP
 - Terjadi sliding filament
 4. Lepasnya myosin dari aktin
 - Pada akhir power stroke, myosin masih berlekatan dengan aktin sampai ada ikatan molekul ATP lain.
 - Pada saat ATP berikatan dengan ATP binding site pada kepala myosin maka kepala myosin lepas dari aktin

XIV. 6. Neuromuskular junction

Neuron yang merangsang otot skeletal untuk berkontraksi adalah somatic motor neuron. Masing-masing somatik motor neuron mempunyai perpanjangan akson yang terbentang dari otak atau spinal cord ke kelompok otot skeletal. Serat otot akan berkontraksi sebagai respon satu atau lebih potensial aksi yang berpropaganda sepanjang sarkolema dan melalui T tubulus. Potensial aksi akan mencapai *neuromuscular junction* (NMJ). NMJ merupakan sinaps antara somatik motor neuron dan serat otot skeletal muscle fiber. Sebagian besar sinaps mempunyai celah kecil disebut *synaptic cleft*, memisahkan antara dua sel. Karena dua sel tidak berdekatan secara fisik maka sehingga Potensial Aksi (PA) tidak bisa "*jump the gap*" dari satu sel ke sel yang lain → sehingga dalam berkomunikasi menggunakan *neurotransmitter*. Pada NMJ (akhir motor neuron) disebut axon terminal terdapat cluster *synaptic end bulb*. *Synaptic*

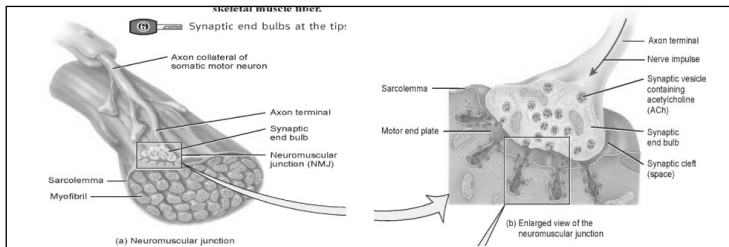
end bulb terdapat ratusan kantung yang disebut sebagai *synaptic vesicles*. Didalam vesikel sinaptik terdapat ribuan molekul asetilkolin (ACh) yang merupakan neurotransmitter yang dilepaskan pada saat NMJ (Gambar XVI.6).

Potensial aksi otot

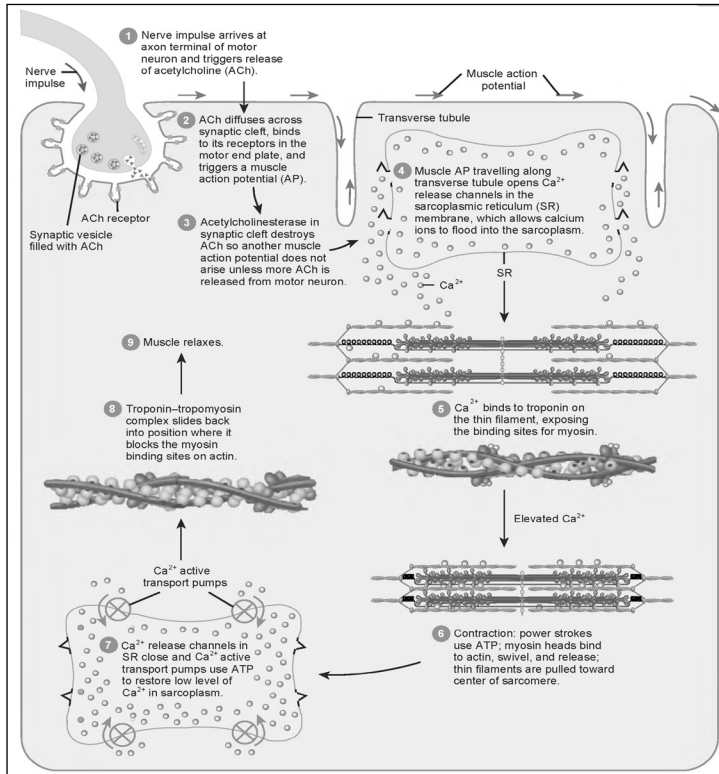
Terjadinya potensial aksi saraf maka akan menyebabkan potensial aksi otot. Tahapan potensial aksi otot adalah sebagai berikut:

1. Pelepasan Ach.
2. Aktivasi reseptor Ach.
3. Menghasilkan PA otot.
4. Terminasi aktifitas Ach.

Jika terdapat impuls saraf lagi maka step 2 dan 3 akan terulang kembali.



Gambar 14. 5. Neuromuscular Junction (Tortora & Derickson, 2009)



Gambar 14. 6. Mekanisme kontraksi otot (Tortora & Derickson, 2009)

DAFTAR PUSTAKA

Tortora & Derickson, 2009. *Principal of Anatomy and Physiology 13th Edition*. John Wiley & Son, Inc.

Latihan Soal.

1. Didalam otot apakah yang dimaksud dengan unit fungsional otot?
 - A. Sarkomer
 - B. Sarkolema
 - C. Sarkoplasma
 - D. Aktin
 - E. Miosin

2. Manakah yang merupakan area dari sarkomer?
 - A. I-I
 - B. H-H
 - C. M-M
 - D. Z-Z
 - E. A-A

3. Satu sarkomer berada dalam
 - A. Filamen tebal
 - B. Sarkoplasma
 - C. Miofibril
 - D. Filamen tipis
 - E. Retikulum endoplasma

4. Yang dimaksud dengan dengan sliding filamen adalah
 - A. Area Z-Z tetap
 - B. Memanjangnya myosin
 - C. Memendeknya area Z-Z
 - D. Memanjangnya area Z-Z
 - E. Memanjangnya filamen aktin

5. Apakah yang dimaksud dengan dengan sliding filamen?
 - A. Area Z-Z tetap
 - B. Memanjangnya myosin
 - C. Memendeknya area Z-Z
 - D. Memanjangnya area Z-Z
 - E. Memanjangnya filamen aktin

6. Apakah nama neuron yang merangsang otot skeletal untuk berkontraksi?
 - A. Somatic motor neuron
 - B. Autonomic nervous system
 - C. Neuron ganglionik
 - D. Sel satelit
 - E. Sel myoblast

7. Apakah nama protein kontraktile pada filamen tebal?
 - A. Aktin
 - B. Miosin
 - C. Troponin
 - D. Tropomiosin
 - E. Retikulum sarkoplasma

8. Aktifitas kontraksi isometrik akan mencegah kondisi dibawah ini, yaitu
 - A. Metaplasia
 - B. Hiperplasi
 - C. Dystrophi
 - D. Atrophi
 - E. Hipertrophi

9. Pada saat terjadinya potensial aksi otot ion Ca^{2+} akan berikatan dengan protein regulatory. Protein regulatory manakah yang akan berikatan dengan ion Ca^{2+} ?
- A. Tropomiosin
 - B. Troponin
 - C. Aktin
 - D. Miosin
 - E. ATP
10. Dibawah ini adalah fungsi exercise terhadap mitokondria otot?
- A. Meningkatkan penggunaan respirasi anaerob
 - B. Meningkatkan jumlah asam laktat
 - C. meningkatkan kualitas mitokondria
 - D. Menurunkan jumlah ATP
 - E. Menurunkan jumlah ADP

BAB XV

Sistem Reproduksi

Oleh: Dewi Puspita, S. Kp. M. Sc.

Tujuan Pembelajaran:

1. Mahasiswa memahami tentang anatomi system reproduksi pria
2. Mahasiswa memahami tentang fisiologi system reproduksi pria
3. Mahasiswa memahami tentang spermatogenesis
4. Mahasiswa memahami tentang anatomi system reproduksi wanita
5. Mahasiswa memahami tentang fisiologi system reproduksi wanita
6. Mahasiswa memahami tentang menstruasi

XV. 1. Anatomi system reproduksi pria

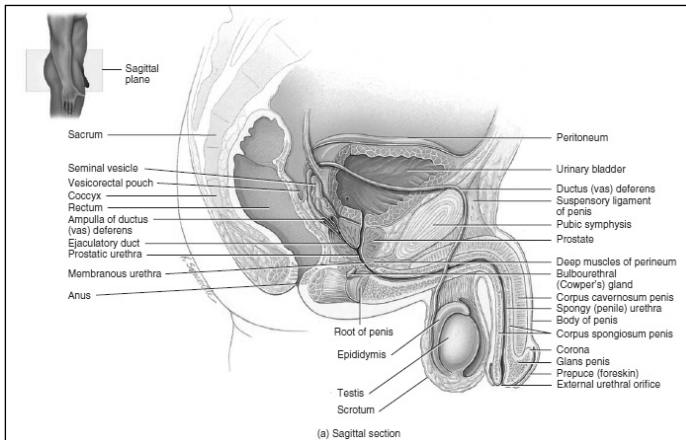
Organ sistem reproduksi pria terdiri dari testis, saluran reproduksi (epididymis, ductus deferens, ductus ejakulatorius dan uretra) dan beberapa struktur penyokong untuk skrotum dan penis. Testis memproduksi sperma dan memproduksi hormone. Saluran system reproduksi dan penyimpanan sperma. Fungsi system reproduksi pria:

1. Testis berfungsi memproduksi sperma dan hormone sex testosteron
2. Saluran reproduksi mentransport, menyimpan dan berperan dalam maturasi sperma
3. Kelenjar asesories, mensekresi sebagian cairan semen
4. Penis terdiri atas uretra yang berfungsi sebagai saluran ejakulasi sperma dan pengeluaran urine

Skrotum

Struktur penyokong testis terdiri dari kulit dan lapisan subkutaneus. Skrotum eksternal tampak seperti kantung yang terbagi menjadi dua yang disebut **raphe (medial ridge)**. Skrotum internal terbagi menjadi dua kantung, masing-masing berisi satu testis.

Septum tersusun dari lapisan subkutaneus dan jaringan otot yang disebut otot dartos, yang terdiri dari bundles of otot fiber. Otot dartos juga ditemukan dalam lapisan skrotum. Selain itu terdapat otot kremaster yang terhubung dengan masing-masing testis. Letak skrotum di luar tubuh manusia dan kontraksinya berfungsi mengatur temperature testis. Untuk memproduksi sperma normal dibutuhkan temperature 2-3^o lebih rendah dari suhu tubuh. Otot kremaster dan otot dartos berkontraksi pada suhu dingin sehingga membuat lapisan skrotum menjadi berkerut, menggerakkan testis mendekati tubuh untuk meyerap panas dan mengurangi kehilangan panas.



Gambar 15. 1. Organ reproduksi pria (Tortora & Derrickson, 2012)

Testis

Sepasang kelaenjar yang berbentuk oval terletak di dalam skrotum berukuran panjang sekitar 5 cm dan diameternya 2,5 cm. Masing-masing

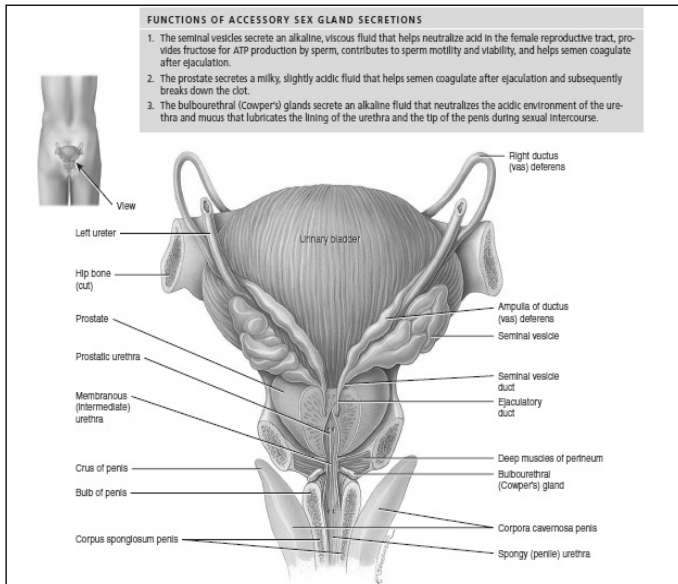
testis mempunyai berat 10-15 gram. Testis berkembang di sekat abdomen di belakang rongga peritoneal, penurunan testis ke dalam skrotum melewati kanalis inguinalis, selama periode perkembangan fetus sekitar usia 7 bulan. Tunika vaginalis, suatu membrane serosa yang berasal dari peritoneum yang terbentuk saat penurunan testis sebagian menutupi testis. Tertumpuknya cairan serosa di tunika vaginalis disebut hidrocel. Didalam tunika vaginalis terdapat suatu kapsul forisa putih yang terdiri dari jaringan yang tidak beraturan yang disebut tunika albugenia. TA extent inward, membentuk septum yang membagi testis menjadi bagian internal yang disebut lobul. Setiap 200-300 lobul berisi satu sampai tiga ikatan tubulus yang membentuk coiled. Sperma di produksi di tubulus seminiferous, dan proses pembentukan sperma disebut spermatogenesis. Tubulus seminiferous terdiri dari 2 tipe sel yaitu: sel spermatogenis dan sel Sertoli yang mempunyai peran penting selama proses spermatogenesis.

XVI. 2. Spermatogenesis

Spermatogonia (stem cell) yang berkembang dari sel primordial berasal dari yolk sac. Spermatogonia dalam kondisi dorman saat anak-anak dan aktif saat mencapai masa pubertas. Proses maturasi selanjutnya terbentuknya spermatosit primer-spermatosit sekunder-spermatid dan sel sperma yang disebut spermatozoon. Spermatozoon yang terbentuk akan dikeluarkan melalui lumen tubulus seminiferous.

Sel Sertoli mensupport dan melindungi perkembangan sel spermatogenik dan juga memproduksi cairan untuk transport sperma mensekresi inhibin hormone dan mengatur efek testosterone dan FSH. In the space between adjacent tubulus seminiferous disebut sel Leydig. Sel Leydig mensekresi testosterone, the most prevalent androgen. Androgen merupakan hormone yang berperan dalam karakteristik maskulinisasi pada pria. Testosteron juga bertanggungjawab terhadap libido seorang pria. Yang termasuk saluran reproduksi adalah: saluran testis, epididymis, ductus deferenc, korda spermatikus.

XVI. 3. Kelenjar asesories sistem reproduksi pria



Gambar 15. 2. Organ asesories reproduksi pria (Tortora & Derickson, 2012)

Kelenjar asesoris sebagai berikut:

1. Vesika seminalis

Sepasang vesika seminalis merupakan struktur seperti kantung sepanjang 5 cm, melintang pada dasar vesika urinaria. Melalui ductus vesika seminalis disekresikan alkali, viscous fluid yang berisi fruktosa, prostaglandin dan suatu protein pembeku yang berbeda dari yang ada di dalam darah. Alkali membantu menetralsir lingkungan asam yang ada di uretra pria dan sekitar saluran organ reproduksi wanita yang bisa membuat sperma inaktif atau mati. Fruktosa digunakan untuk memproduksi ATP oleh sperma. Prostaglandin berkontribusi untuk motilitas sperma dan viabilitas dan dapat menstimulasi kontraksi otot polos pada saluran reproduksi wanita. Protein pembeku membantu koagulasi

semen setelah ejakulasi. Cairan yang disekresikan oleh vesika seminalis terdiri dari 60 % dari volume semen.

2. Prostat

Prostat kira-kira berukuran kurang lebih 4 cm, dari sisi-sisinya, sekitar 3 cm dari atas ke bawah dan sekitar 2 cm dari depan ke belakang. Prostat terletak di bawah menuju ke kandung kemih dan mengelilingi prostetik uretra. Ukuran prostat bertambah secara lambat dari lahir sampai pubertas, pertumbuhan cepat dicapai saat usia 30 tahun dan satbil sampai usia 45 tahun, setelah itu dimungkinkan terjadi pembesaran. Prostat mensekresi cairan seperti susu, cairan sedikit asam (pH 6,5) yang berisi beberapa substansi:

- a Citric Acid pada cairan prostat digunakan sperma untuk memproduksi ATP melalui siklus sel.
- b Beberapa Enzim proteolytic seperti Prostat spesifik antigen (PSA), pepsinogen, lisozim, amilase dan hyaluronidase seringkali membreak down protein pembeku dari vesika seminalis.
- c Fungsi dari acid phosphatase yang disekresi dari prostat tidak diketahui
- d Plasmin seminal, berisi antibiotic yang dapat menghancurkan bakteri

3. Kelenjar bourbourethral

Sepasang kelenjar bourburetral atau disebut juga kelenjar cowper berukuran sebiju kacang. Terletak di bawah prostat pada sisi membrane uretra dengan otot perineum bagian dalam dan salurannya terbuka ke uretra. Kelenjar ini melubrikasi ujung penis dan uretra menurunkan kerusakan sperma selama ejakulasi.

4. Semen

Merupakan campuran sperma dan cairan seminalis suatu cairan yang terdiri dari sekresi tubulus seminiferous, vesika seminalis, prostat dan kelenjar bourburetral. Volume semen

saat ejakulasi 2,5-5 ml, dengan 50-150 juta sperma/ml. Ketika jumlah sperma kurang dari 20 juta/mL seorang laki-laki dikatakan infertile. Dibutuhkan sperma dalam jumlah besar mengingat fertilisasi hanya terjadi bila sperma bisa mencapai oosit sekunder. Semen mempunyai sifat alkali dengan pH sekitar 7,2-7,7. Kelenjar prostat memberi warna pada pekat/milky pada cairan semen dan vesika seminalis dan kelenjar bourburethral memberikan konsistensi sticky. Saat ejakulasi cairan semen berkoagulasi dalam 5 menit karena adanya factor pembeku dari protein yang berasal dari vesika seminalis. Setelah melewati uterus dan tuba uterine sperma dilakukan kapasitasasi.

5. Penis

Penis terdiri dari uretra dan saluran ejakulasi semen dan ekskresi urine. Berbentuk silindris dan terdiri dari badan, batang dan dasar penis. Badan penis terdiri dari 3 jaringan masa corpus spongiosum silinder yang masing-masing mengelilingi jaringan yang disebut tunika albugenia. Masa dorsolateral disebut corpora cavernosa penis. Corpus spongiosum terletak di tengah dan lebih kecil terdiri dari sponsi urethra dan tetap ada selama fase ejakulasi. Kulit dan lapisan subkutaneus menutup pada 3 masses yang terdiri dari jaringan erectile. Pada akhir distal korpus spongiosum terdapat gland penis yang bermuara ke orifisium uretra eksterna. Kulit yang menutup gland penis apabila tidak dilakukan sirkumsisi disebut preputium. Ligamen yang menyokong penis terdiri dari:

- a Ligamen Fundiform : melintang dari bagian inferior linea alba
- b Ligamen Suspensori : melintang dari syphisis pubis

Pada saat terjadi rangsangan seksual (visual, sentuhan, pendengaran, penciuman, imaginasi). Syaraf parasimpatik dari sacrum menginisiasi dan mempertahankan ereksi, yaitu pembesaran dan pengerasan penis. Syaraf parasimpatik

memproduksi dan mengeluarkan NO (nitric oxide). NO akan menyebabkan otot polos pada dinding arteriol mensuplai jaringan erectile menjadi relaks diikuti pembuluh darah yang berdilatasi yang menyebabkan darah akan memasuki jaringan erektil penis. NO juga akan menyebabkan pelebaran pada sinus akibat relaksasi otot polos. Kombinasi peningkatan aliran pembuluh darah an pelebaran sinus mengakibatkan terjadinya ereksi.

6. Ejakulasi

Pengeluaran semen dari urethra keluar merupakan koordinasi reflek simpatis oleh lumbal dari spinal cord. Sebagai bagian dari reflek, spinkter otot [olos pada dasar vesical urinaria menutup, mencegah urine ikut keluar saat ejakulasi dan mencegah semen memasuki vesika urinaria. Meski sebelum ejakulasi terjadi, kontraksi peristaltic pada epididymis, vas deferens, vesika seminalis, ductus ejakulatorius dan prostat ke bagian penis dari urethra.

XV. 4. Anatomi Sistem Reproduksi Wanita

Sistem Reproduksi wanita terdiri atas ovarium, uterus, falopian tube, vagina dan organ genitalia eksternal yang disebut vulva. Ovarium, sepasang ovarium yang merupakan penghasil gonad, beukuran sebesar kacang almod yang memiliki fungsi homolog seperti testis. Fungsi ovarium:

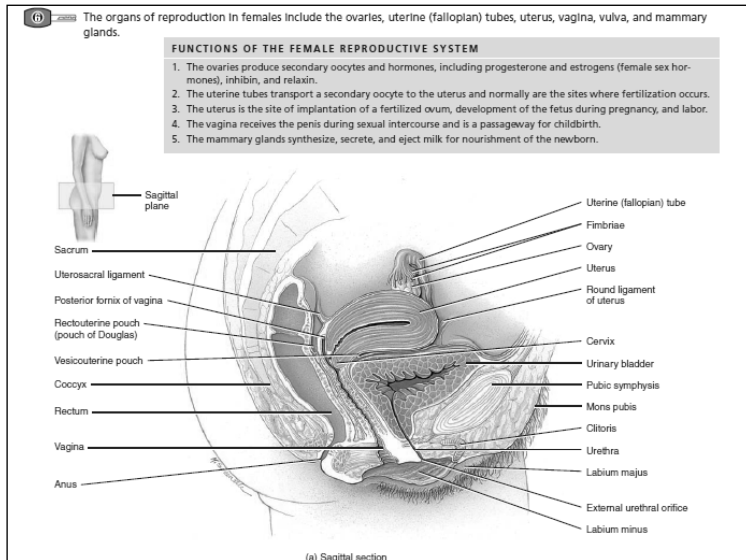
1. memproduksi gamet, berupa oosit sekunder yang berkembang menjadi sel telur yang metur setelah fertilisasi
2. Penghasil hormone, termasuk progesterone, estrogen, inhibin, dan relaksin.

Ligamen pendukung ovarium:

1. Ligamen Broad. Merupakan suatu lipatan parietal peritoneum, menyentuh ovarium oleh dua lpisan lipatan perioneum yang disebut mesovarium
2. Ligamen ovarium, menghubungkan ovarium dan uterus

3. Ligamen suspensori, menghubungkan uterus dengan dinding pelvis.

Masing-masing ovarium terdiri atas hilum, yang merupakan tempat masuk dan keluarnya pembuluh darah sepanjang mesovarium.



Gambar 15.3. Anatomi sistem reproduksi wanita (Tortora & Derrickson, 2012)

XVI. 5. Oogenesis dan pembentukan folikel

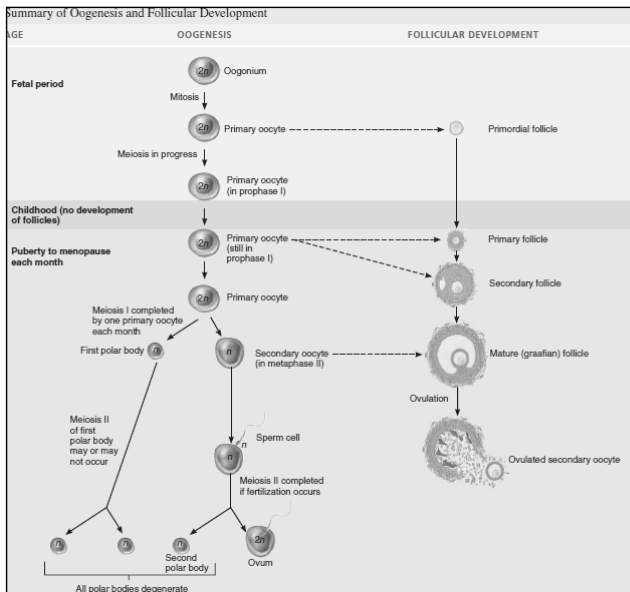
Pembentukan gamet pada ovarium disebut oogenesis. Berbeda dengan spermatogenesis yang dimulai sejak masa pubertas, oogenesis dimulai sebelum bayi lahir. Oogenesis terjadi seperti halnya spermatogenesis, terjadi meiosis dan mengakibatkan sel germinal menjadi matur. Selama fase awal perkembangan fetus, sel primordial bermigrasi dari yolk sak ke ovarium yang kemudian mengalami diferensiasi didalam ovarium menjadi oogonia. Oogonia bersifat diploid dan terbagi menjadi berjuta-juta sel germinal. Sebelum lahir, sel ini mengalami degenerasi yang disebut atresia, sebagian kecil berkembang menjadi sel yang lebih besar yang disebut

oosit primer yang memasuki fase profase pada meiosis I selama perkembangan fetus tetapi belum lengkap sampai mencapai usia pubertas. Selama periode ini, masing-masing oosit dikelilingi satu lapisan sel folikuler yang disebut sel primordial. Permukaan ovarium dikelilingi sel primordial yang berisi kolagen dan fibroblast yang disebut sel stromal. Saat lahir, kurang lebih 200.000-2.000.000 oosit primer ada di masing-masing ovarium. Sekitar 40.000 folikel masih ada sampai usia pubertas dan sekitar 400 akan mengalami maturase dan dikeluarkan setiap kali terjadi ovulasi pada seorang wanita yang memasuki masa reproduksi, sedangkan folikel yang lain mengalami atresia.

Setiap bulan setelah masa pubertas sampai menopause, onadotropin (FSH dan LH) disekresikan oleh kelenjar hipofise Anterior untuk menstimulasi perkembangan folikel dan proses ovulasi. Folikel primordial akan tumbuh menjadi folikel primer. Masing-masing folikel primer terdiri atas oosit primer yang mengelilingi tahapan perkembangan folikel oleh beberapa lapisan kuboid dan sel koloumner yang disebut sel granulosa. Seperti pertumbuhan folikel primer, terbentuk dari lapisan glikoprotein yang disebut zona pelusida diantara oosit primer dan sel granulosa. Sebagai tambahan, sel stroma mengelilingi membrane basemen yang membentuk teka folikuli. Selama proses maturase, folikel primer berkembang menjadi folikel sekunder, sel teka berdiferensiasi menjadi dua lapisan: (1) teka interna, kaya vaskularisasi terdapat di dalam sel yang mensekresi estrogen(2) teka eksterna, terdapat di luar sel stromal dan kolagen.

Sebagai tambahan sel granulosa mulai mensekresikan cairan folikel yang akan memnambah besar ukuran antrum pada pusat folikel sekunder. Lapisan paling dalam pada sel granulosa disebut corona radiata. Folikels ekunder menjadi besar berkembang menjadi folikel yang matur. Sebelum ovulasi folikel menjadi diploid dan folikel primer akan menyelesaikan ase meiosisnya memproduksi 2 sel yang haploid memasuki fase meiosis 1 yang disebut opar bodi pertama

yang berisi nucleus. Folikel terbesar yang disebut folikel sekunder mempunyai banyak sitoplasma. Ketika sebuah oosit terbentuk itulah tanda dimulainya meiosis 2 tetapi kemudian siklus berhenti pada fase metaphase. Folikel yang matur akan pecah dan mengeluarkan sel leut/oosit yang disebut ovulasi. Selama ovulasi oosit sekunder keluar ke pelvis Bersama polar body pertamama dan corona radiata, yang akan digerakan oleh silia yang ada di tuba falopii. Jika tidak terjadi fertilisasi sel akan mengalami degenerasi. Jika ada sperma di tuba uterina dan bisa menembus oosit sekunder, maka meiosis 2 akan berulang.



Gambar 15. 4. Oogenesis dan pembentukan folikel (Tortora & Derickson, 2012)

Fertilisasi dapat terjadi 24 jam setelah ovulasi dan membentuk sel yang haploid yaitu kesatuan sperma dan ovum. Ovum yang diploid disebut zigot dan mengalami pembelahan sel selama menuju uterus kira-kira selama 6-7 hari setelah ovulasi.

Menstruasi

Lama menstruasi normal berkisar 24-36 hari, rata-rata 28 hari yang terbagi menjadi 4 fase:

1. Fase menstrual
2. Fase preovulatori
3. Fase ovulasi
4. Fase post ovulasi

1. Fase menstrual

Hari pertama menstruasi adalah hari dimulainya siklus menstruasi, rata-rata selama 5- 7 hari

Peristiwa di ovarium:

Dibawah pengaruh FSH, folikel primordial berkembang menjadi folikel sekunder yang membutuhkan waktu beberapa bulan. Meskipun demikian, suatu folikel yang mulai berkembang pada awal sebagian siklus menstruasi mungkin tidak dapat mencapai matur dan ovulasi sampai beberapa siklus berikutnya.

Peristiwa di uterus:

Aliran darah menstruasi dari uterus sebanyak 50-150 ml terdiri dari darah, jaringan, mucus dan sel-sel epitel yang mengelupas dari endometrium. Hal ini terjadi karena penurunan kadar hormone progesterone dan estrogen yang menstimulasi pengeluaran prostaglandin yang mengakibatkan arteri spiralis berkontraksi, sehingga suplai oksigen ke dalam sel terhambat dan kemudian mati. Akhirnya terjadilah peluruhan stratum fungsional hingga menipis menjadi 2-5 mm berupa stratum basalis. Darah menstruasi melewati uterus melalui cervik menuju vagina.

2. Fase preovulatori

Fase preovulatory adalah waktu diantara akhir menstruasi dan ovulasi, rata-rata pada hari ke-6 sampai 13 pada siklus 28 hari.

Peristiwa di Ovarium :

Beberapa folikel sekunder mulai mensekresikan estrogen dan inhibin. Pada hari ke-6 sebuah folikel sekunder menjadi folikel dominan yang akan mensekresikan Estrogen dan inhibin untuk menurunkan kadar FSH, folikel yang lain akan atresia. Normalnya, folikel dominan akan menjadi folikel de graaf (matur) yang akan membesar sampai diameter lebih dari 20 mm dan siap untuk ovulasi dengan ciri-ciri folikel terbentuk tonjolan akibat terbentuknya antrum pada permukaan ovarium. Folikel meningkatkan produksi estrogen. (28.24) Dengan mengacu pada siklus ovarium, fase menstrual dan preovulatory secara bersamaan disebut sebagai fasefolikuler dimana terjadi pertumbuhan dan perkembangan folikel.

Peristiwa di uterus:

Estrogen dilepaskan ke dalam darah oleh perkembangan folikel ovarium yang merangsang perbaikan endometrium, sel-sel stratum basalis mengalami mitosis dan menghasilkan sel baru yaitu stratum functionalis. Endometrium menebal sekitar 4-10 mm. Fase ini juga disebut fase proliferaif, atau fase berkembangnya endometrium.

3. Fase ovulasi

Adalah peristiwa rupturnya folikel de graaf dan dikeluarkannya oosit sekunder di rongga pelvis yang pada umumnya terjadi pada hari ke-14 pada siklus 28 hari. Selama ovulasi oosit sekunder dikelilingi zona pelusida dan korona radiata. Tingginya kadar estrogen selama akhir fase pre ovulatory membuat umpan balik positif hypothalamus untuk mensekresi LH dan GnRH dan menyebabkan terjadinya ovulasi:

- a. Konsentrasi estrogen yang tinggi menstimulasi pengeluaran GnRH dari hypothalamus yang juga menstimulasi gonadotropin pada hipofise anterior untuk mensekresi LH.

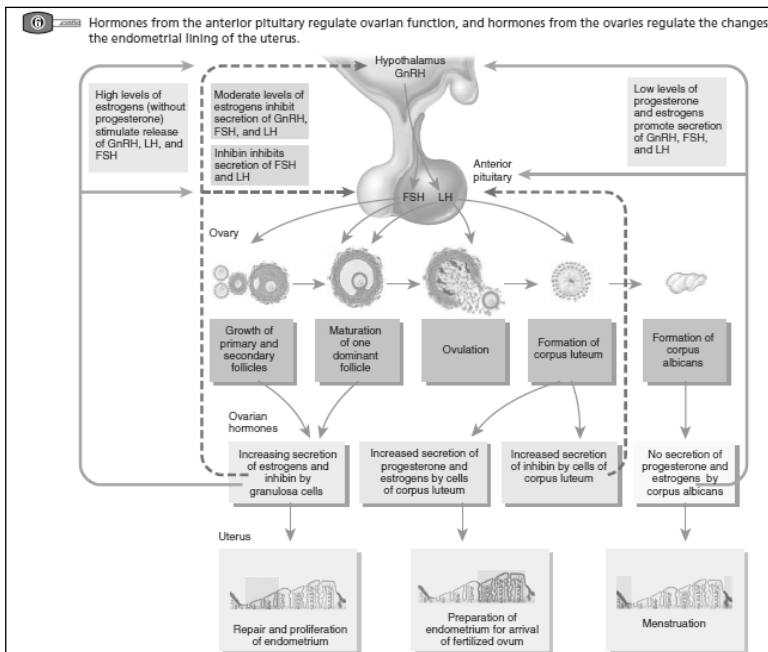
- b. GnRH
 - c. GnRH menyebabkan pengeluaran FSH dan LH oleh hipofise anterior. LH menyebabkan rupture pada folikel de graaf dan mengakibatkan ekspulsi oosit sekunder sekitar 9 jam setelah puncak LH. Oosit kemudian masuk ke tuba uterine sampai mencapai pelvis.
4. Fase post ovulasi
- Terjadi di antara masa ovulasi dan menstruasi berikutnya, antara setelah hari ke-14 pada siklus 28 hari, sekitar hari ke-15 sampai hari ke-28

Peristiwa di ovarium:

Setelah ovulasi folikel yang matur akan kolaps dan membrana basalis antara sel granulosa dan sel teka interna rupture dan membentuk bekuan darah yang disebut corpus hemorrhagicum. Teka interna dan sel granulosa bertransformasi menjadi corpus luteum dibawah pengaruh LH yang kemudian memproduksi progesterone, estrogen, relaksin dan inhibin. Sel luteal mengabsorpsi bekuan darah yang disebut fase luteal. Jika oosit tidak dibuahi, corpus luteum hanya mempunyai waktu selama 2 minggu, setelah itu sekresi akan menurun dan berdegenerasi menjadi corpus albican. Kadar hormone progesterone, estrogen dan inhibin menurun, pengeluaran GnRH, FSH dan peningkatan LH mengakibatkan supresi umpan balik negative oleh hormone ovarium. Pertumbuhan folikel menandai dimulainya siklus ovarium yang baru. Jika oosit sekunder dibuahi, corpus luteum akan memperthanakan kondisi selama 2 minggu sampai terbentuk hCG (human chorionic gonadotropin) yang diproduksi oleh korion dari embrio setelah 8 hari fertilisasi. Seperti LH, hCG menstimulasi aktifitas sekretori corpus luteum. Adanya hCG di darah dan di urin mengindikasikan kehamilan.

Peristiwa di Uterus:

Progesteron dan estrogen diproduksi oleh corpus luteum dan membantu penebalan dan vaskularisasi endometrium sampai 12-18 mm. Aktifitas sekretori eningkat dengan mencekresi glikogen sehingga disebut fase sekretori pada siklus uterus. Fase ini berubah dan mencapai puncak 1 minggu setelah ovulasi, pada saat itu ovum dibuahi bisa mencapai uterus. Jika fertilisasi tidak terjadi, kadar hormone progesterone dan estrogen turun dan menyebabkan degenerasi pada korpus luteum yang menyebabkan menstruasi.



Gambar 15. 5. Ringkasan interaksi hormon pada ovarium dan siklus uterus (Tortora & Derickson, 2012)

DAFTAR PUSTAKA

Tortora & Derrickson, 2012. *Principles of anatomy and physiology, 13 edition*, Jhon willey and Sons Inc

Latihan soal.

1. Dimanakah tempat pembentukan sperma (spermatogenesis)?
 - A. Tubulus seminiferous
 - B. Tunica albuginea
 - C. Testicular lobules
 - D. Tunica Spongiosa
 - E. Sel Sertoli

2. Bagian alat reproduksi pria ini terbentuk oleh kesatuan ampula dari duktus deferens dan vesika seminalis, kemudian mengeluarkan sperma setelah mendapat zat tambahan dari prostat yang merupakan saluran akhir dari sistem reproduksi laki-laki. Apakah yang dimaksud?
 - A. Duktus ejakulatorius
 - B. Duktus spermaticus
 - C. Duktus deferens
 - D. Vesica Seminalis
 - E. Kelenjar bulbourethral

3. Ada suatu lapisan yang disebut dartos pada lapisan otot halus pada organ reproduksi pria. Lapisan Dartos dapat ditemukan dimana?
 - A. Skrotum
 - B. Epididimis
 - C. Penis
 - D. Vas deferens
 - E. Vesika seminalis

4. Di bawah ini urutan saat terjadi ejakulasi, bagaimanakah urutan proses terjadinya ejakulasi?
 - A. Epididimis - duktus deferens - duktus ejakulatorius – uretra
 - B. Epididimis - duktus deferens - kelenjar prostat – uretra

- C. Epididimis - Duktus differens - Vesika seminalis – uretra
 - D. Vesika seminalis – epididimis - duktus differens - duktus ejakulatorius
 - E. Vesika seminalis – epididimis - duktus ejakulatorius – uretra
5. Di dalam organ reproduksi pria, prostat merupakan suatu organ asesories. Apa fungsi kelenjar prostat?
- A. Menghasilkan cairan alkali yang menetralkan sekresi vagina yang asam
 - B. Menghasilkan fruktosa sebagai makanan bagi sperma
 - C. Menghasilkan lubrikasi untuk berhubungan seksual
 - D. Menghasilkan prostaglandin
 - E. Menyediakan fibrinogen untuk pembekuan semen
6. Seorang ibu bisa melahirkan bayi yang beratnya 3 kg lewat vagina, karena vagina dapat meregang saat persalinan. Apa yang menyebabkan vagina bisa meregang?
- A. Rugae
 - B. Perimetrium
 - C. Silia
 - D. Fimbriae
 - E. Perineum
7. Pada genitalia eksterna wanita, terdapat area yang dinamakan forchete, di bagian manakah letak forchete itu?
- A. Di ujung distal pertemuan labia mayora dan labia minora
 - B. Di antara ujung distal labia mayora, labia minora dan anus
 - C. Diantara labia mayora dan labia minora
 - D. Di introitus vagina
 - E. Di bawah klitoris

8. Pada genitalia eksterna ada bagian yang dinamakan vulva, terdiri dari apakah vulva itu?
- A. Labia mayora, minora, kklitoris dan kelenjar bartholini
 - B. Labia mayora dan labia minora
 - C. Labia mayora,minora dan vagina
 - D. Labia mayora,minora, klitoris, orifisium uretra
 - E. Labia mayora, minora sampai dengan perineum
9. Siklus menstruasi menyebabkan perubahan fungsional dan morfologis di dalam ovarium dan endometrium. Pengaruh FSH yang meningkat menyebabkan beberapa folikel berkembang sampai kadar estrogen dalam plasma meningkat. Pada fase apakah hal tersebut terjadi?
- A. Fase folikuler
 - B. Fase ovulatoir
 - C. Fase Luteal
 - D. Fase Menstruasi
 - E. Fase proliferasi
10. Kunci dari ovulasi adalah efek umpan balik positif estrogen pada sekresi LH saat pertengahan siklus. Apa yang menyebabkan terjadinya lonjakan (surge) LH?
- A. Peningkatan estradiol yang terus menerus
 - B. Pelepasan umpan balik negatif pusat pada sekresi LH
 - C. Estradiol dan inhibin B yang meningkat akan menekan sekresi FSH
 - D. Penekanan estradiol oleh progesterone
 - E. LH menstimulasi biosintesis prostaglandin

BAB XVI

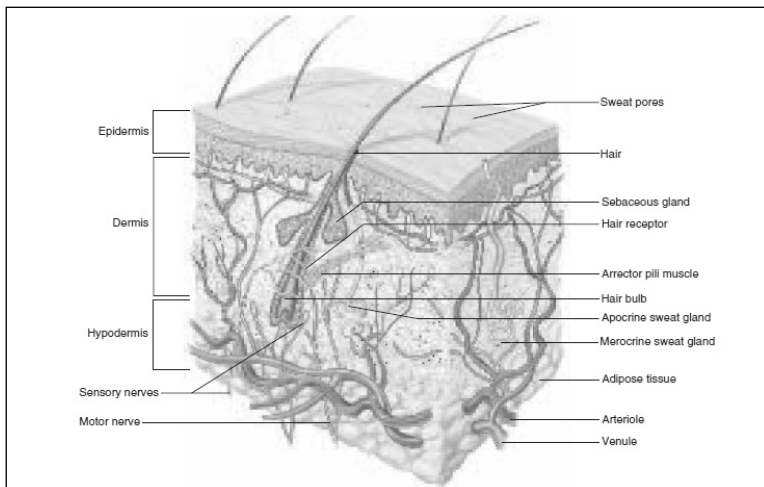
Sistem Integumen

Oleh: Nurvita Risdiana, S. Kep., Ns., M. Sc.

Tujuan pembelajaran:

1. Mahasiswa mampu memahami tentang struktur kulit
2. Mahasiswa mampu memahami tentang struktur asesoris rambut
3. Mahasiswa mampu memahami tentang kulit dan proses penyembuhan luka

XVI. 1. Struktur kulit



Gambar 16.1. Struktur kulit (Saladin, 2003)

Struktur kulit terdiri atas beberapa komponen, antara lain:

1. Epidermis

Epidermis merupakan bagian terluar kulit yang terdiri atas beberapa lapisan yaitu stratum corneum (mengelupas), stratum lucidum (dead keratinocyte), Stratum granulosum (lamellar bodies=lipid layer), Stratum spinosum (sel langerhans) dan stratum basale. Epidermis memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a Superficial, tipis, tdd jaringan epitel
- b Tidak terdapat syarat
- c Tidak terdapat pembuluh darah
- d Terdapat pigmen melanin yang memberikan warna pada kulit, sehingga mencegah terbakarnya kulit

Selain itu, epidermis tersusun atas beberapa sel. Tipe – tipe sel yang menyusun epidermis meliputi:

- a. Keratin (90% di epidermis, ditemukan di stratum basale)
- b. Melanosit
- c. Sel Langerhans
- d. Sel Markell
- e. Stratum basale

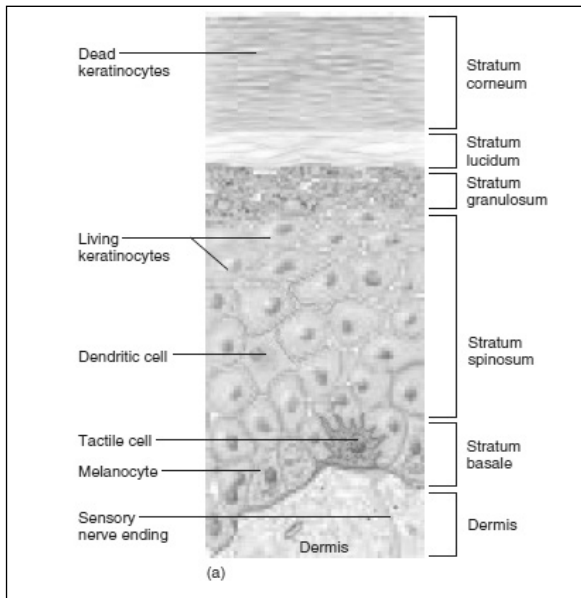
Keratin

Keratin tersusun atas keratinized stratified squamous epithelium. 90% sel epidermis tersusun atas keratinosit → yang memproduksi protein keratin. Keratin memiliki karakteristik dibawah ini:

- a Kasar
- b Protein fibrous yang melindungi kulit dari panas, mikroba dan zat kimia
- c Memproduksi lamellar granula: melepaskan *water repellent scalar* (menurunkan masuknya air kedalam tubuh dan keluarnya air dari tubuh, menghambat masuknya benda asing)

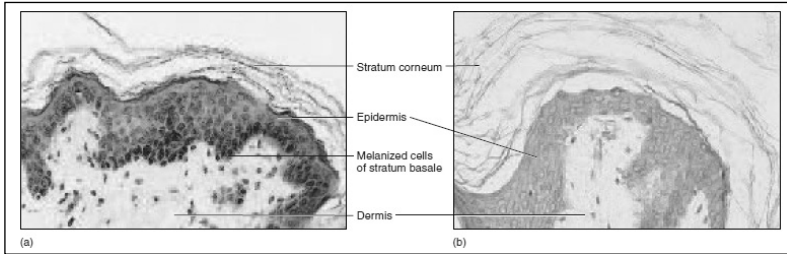
Melanosit

8% sel epidermis terdiri atas melanocyte yang berasal dari ectoderm. Sel melanosit memproduksi melanin yang berfungsi untuk memberikan pigmen warna kulit, mengabsorbpsi sinar ultraviolet. Melanin melindungi kulit terhadap sinar ultraviolet, namun melanin juga rentan rusak karena sinar ultraviolet.



Gambar 16. 2. Tipe sel pada struktur kulit (Saladin, 2003)

Melanin merupakan struktur dasar dari warna kulit. Selain melanin terdapat zat lain yang berkontribusi dalam memberikan warna dikulit antara lain hemoglobin dan karoten. Jumlah melanin menyebabkan warna kulit bervariasi dari pucat, kemerahan, coklat dan hitam. Jumlah melanin yang tinggi terdapat pada aerola dan penis. Albino merupakan suatu kondisi dimana seseorang tidak mempunyai pigmen melanin. Sedangkan vitiligo adalah kondisi terdapatnya pigmen melanin partial atau tidak ada melanin.

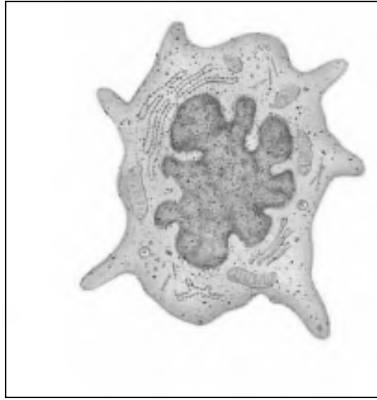


Gambar 16. 3. Sel melanin pada kulit (Saladin, 2003)

Warna kulit merupakan salah satu bagian dari fungsi diagnostic. Kulit berwarna sianosis dimana oksigen tidak adekuat akan tampak pada membrane mukosa, kulit dan kuku. Sedangkan jaundice yaitu warna kuning pada kulit yang disebabkan karena pigmen bilirubin biasanya disebabkan karena adanya gangguan fungsi hepar. Erytema atau kemerahan pada kulit bisa disebabkan karena luka, terpapar panas, infeksi, inflamasi atau alergi. Pallor, shock dan anemia juga merupakan suatu tanda klinis sebagai akibat dari perubahan warna kulit.

Sel Langerhans

Sel Langerhans berasal dari sumsum tulang. Merupakan fraksi kecil dari epidermis. Berperan dalam respon imun dalam melawan mikroba yang masuk ke kulit. Mudah rusak oleh UV. Perannya dalam respon imun adalah mengenali, invasi, mengancurkan (*makrofag like dendritic cell*)



Gambar 16. 4. Sel Langerhans (Tortora & Derickson, 2009)

Stratum basale

Lapisan paling dalam dari epidermis. Disebut juga stratum germinativum → berperan dalam pembentukan sel yang baru. Pada proses penyembuhan luka stratum basale berfungsi dalam pembentukan sel yang baru.

2. Dermis

Bagian dalam dari kulit setelah epidermis dan tersusun atas jaringan konektifus yang kuat terdiri dari kolagen dan serat elastis. Dermis bersifat lentur/elastis sehingga mempunyai kemampuan untuk stretching dan mudah kembali.

Sel yang ada di dermis didominasi oleh fibroblast, beberapa makrofage, beberapa sel adiposit. Terdapat pembuluh darah, saraf, kelenjar, folikel rambut. Dermis penting untuk *survival* epidermis.

3. Hipodermis

Hipodermis merupakan lapisan kulit yang berada dibawah dermis. Hipodermis terdiri atas 2 lapisan yaitu lapisan superfisial (papillary) dan dalam (retikuler).

- a Lapisan superfisial (papillary)
 - 1) 1/5 dari total hypodermis
 - 2) Tdd jaringan konektivus aeoral (kolagen dan elastis)
 - 3) Terdapat reseptor tactile (meissner corpuscula)→akhiran saraf untuk sentuhan
 - 4) Terdapat akhiran saraf sebagai signal (hangat, dingin, gatal, geli, nyeri)
- b Lapisan dalam (retikuler)
 - 1) 4/5 dari total lapisan hipodermis
 - 2) Berlekatan dengan lapisan subkutan
 - 3) Terdiri atas serabut kolagen dan elastik
 - 4) Ruangannya diantara fiber terdapat sel adiposa, folikel rambut, saraf, gland. Sebacea, glandula sudorifera

XVI. 2. Struktur asesoris rambut

Kulit sebagai organ utama memiliki organ asesoris untuk menyempurnakan fungsinya. Organ asesoris di kulit meliputi rambut dan folikel rambut, kuku, kelenjar, saraf. Kelenjar asesoris ini mempunyai fungsi penting antara lain: kuku dan rambut melindungi tubuh, kelenjar keringat meregulasi suhu tubuh.

1. Rambut dan folikel rambut

Hair/pili terdapat disebagian besar permukaan kulit kecuali telapak tangan, permukaan jari dan telapak kaki. Pada orang dewasa, rambut biasanya tumbuh lebat di kepala, alis, aksila, area genitalia. aktor genetik dan hormonal mempengaruhi ketebalan dan penyebaran rambut. Meskipun rambut memiliki keterbatasan dalam melindungi tubuh, namun rambut di kepala: melindungi kulit kepala dari injuri dan panas dari cahaya matahari, menurunkan kehilangan panas dari kulit kepala. Alis dan bulu mata melindungi mata dari partikel asing yang masuk ke mata. Reseptor sentuh (hair root plexuses) berhubungan dengan folikel

rambut akan teraktifasi apabila rambut tersentuh atau bergerak.

2. Kelenjar pada kulit

Kelenjar adalah sel epitel yang mensekresi substansi. Beberapa kelenjar eksokrin yang berkorelasi dengan kulit adalah: kelenjar sebacea (minyak), kelenjar sudorifera (keringat), kelenjar ceruminous.

a Kelenjar sebacea

- 1) Sekresi kelenjar sebacea sebagian besar melalui dermis dan folikel rambut.
- 2) Kelenjar sebacea mengeluarkan minyak yang disebut sebagai sebum pengeluarannya dengan mekanisme holocrine.
- 3) Sebum merupakan campuran triglycerides, cholesterol, proteins, dan inorganic salts.
- 4) Sebum melindungi permukaan rambut dari kekeringan dan rapuh
- 5) Sebum juga mencegah terjadinya evaporasi cairan tubuh dari kulit, menjaga kulit tetap lembut dan menghambat pertumbuhan beberapa bakteri (tapi tidak semua)
- 6) Acne adalah proses inflamasi dari kelenjar sebacea yang biasanya terjadi pada awal pubertas, ketika kelenjar sebacea distimulasi oleh hormon androgen
- 7) Acne terjadi terutama pada sebaceous follicles dikelilingi oleh bakteri

b Kelenjar sudorifera

- 1) Didalam tubuh terdapat 3- 4 milyar kelenjar sudorifera
- 2) Sel dari kelenjar melepaskan keringat melalui pori-pori
- 3) Kelenjar keringat dibagi menjadi 2 menurut tipe utamanya berdasarkan struktur, lokasi dan tipe sekresinya:
 - Eccrine
 - apocrine

c. Kelenjar ceruminous

Disebut sebagai kelenjar serumen. Kelenjar ini diproduksi di telinga.

3. Kuku

Kuku sebagai kelenjar asesoris berfungsi untuk menggaruk, memotong. Kulit atau integumen bagi tubuh berfungsi untuk menjaga homeostasis. Fungsi kulit meliputi termoregulasi, blood reservoir, proteksi, cutaneous sensation, eksresi dan absorpsi, sintesis vitamin D.

a. Termoregulasi

b. *Blood reservoir*

Dermis terdapat banyak pembuluh darah. Pada orang dewasa membawa sekitar 8-10% dari total aliran darah pada orang dewasa. Berdasarkan alasan tersebut sehingga kulit berfungsi sebagai *blood reservoir*.

c. Proteksi

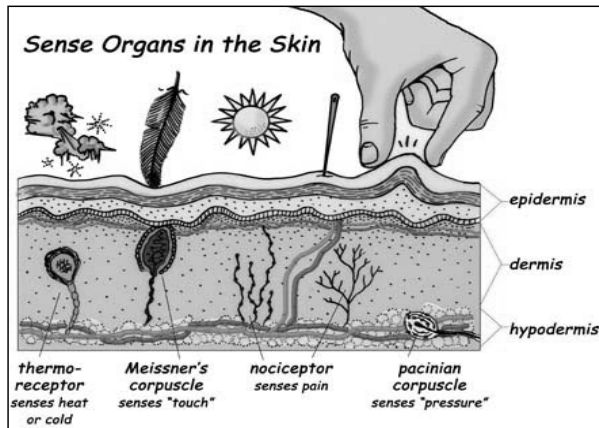
Kulit berfungsi sebagai proteksi atau pelindung. Kulit melindungi tubuh dengan berbagai macam cara misalnya:

- 1) Keratin melindungi jaringan dibawahnya dari mikroba, abrasi, panas dan zat kimia
- 2) Menyimpan lipid dan sintesis vitamin D
- 3) PH asam mencegah perkembangan mikroba
- 4) Pigmen melanin mencegah kerusakan efek dari UV
- 5) Terdapat sel Langerhans (mencegah masuknya bakteri yang berbahaya)

d. *Cutaneous sensation*

- 1) Sensasi yang bisa dirasakan dikulit, seperti: Sensasi taktil: sentuhan, tekanan, getaran; Tickling (geli) sama dengan sensasi thermal (panas dan dingin)
- 2) Sensasi cutaneous yang lain : nyeri → sebagai indikasi ada kerusakan jaringan
- 3) Di kulit terdapat variasi dari akhiran saraf dan reseptor yang tersebar dikulit termasuk discs tactile di epidermis,

corpuscles of touch di dermis dan hair root plexuses yang berada disekeliling folikel rambut



Gambar 16. 5. *Cutaneous sensation* (Tortora & Derrickson, 2009)

e. Ekskresi dan absorpsi

Kulit mempunyai fungsi sebagai ekskresi dan absorpsi. Sebagai fungsi ekskresi, kulit merupakan tempat untuk pembuangan substansi dari dalam tubuh. Sedangkan sebagai fungsi absorpsi, kulit berfungsi sebagai masuknya material dari luar kedalam tubuh.

Sebagian besar stratum corneum adalah *water proff*, namun ± 400 mL air akan menguap/hari. alam aktifitas *sedentary* (biasa) seseorang akan kehilangan ± 200 mL melalui keringat, dalam aktifitas yang tinggi akan lebih banyak lagi yang hilang. Keringat mengekskresi garam, karbondioksida dan hasil pemecahan protein yaitu amonia dan urea.

Absorpsi dari substansi yang *water-soluble* (larut air) melalui kulit dapat diabaikan atau tidak berarti (substansi yang larut air tidak dapat masuk ke kulit, seandainya terserap sangat sedikit), tetapi beberapa material yang *lipid-soluble* (larut lemak) materials

dapat masuk ke kulit. Zat-zat yang lipid-soluble (vitamin A, D, E, K), obat-obatan tertentu, gas oksigen dan karbondioksida. Material toksik dapat diabsorpsi melalui kulit termasuk larutan organik ct: aseton dan carbon tetrachloride (dry-cleaning fluid), logam berat mercury dan arsenic. Obat topikal (steroid) ct kortison. Obat topical (obat oles/salep) termasuk larut lemak maka mudah masuk ke regio papillary di dermis. Steroid tersebut akan mengekskresikan agen antiinflamatory yang menghambat produksi histamin oleh sel mast.

f. Sintesis vitamin D

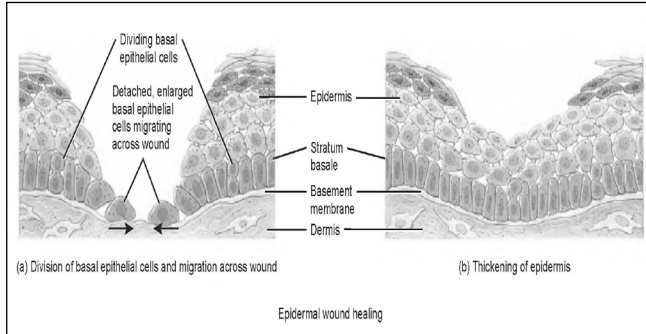
Sintesis Vit D dikulit membutuhkan prekursor sinar UV oleh matahari. Enzyme di liver dan di ginjal memodifikasi aktifnya molekul sehingga memproduksi *calcitriol*. *Calcitriol* adalah hormon yang membantu absorpsi kalsium pada makanan dari GI ke darah. UV hanya dibutuhkan dalam jumlah kecil untuk sintesis vit D (10-15 menit dalam 2 x/minggu).

XVI. 3. Kulit dan proses penyembuhan luka

Apabila terjadi luka, maka kulit akan memperbaiki diri dan menyembuhkan luka. Berdasarkan dalamnya luka, ada dua jenis penyembuhan luka, yaitu: *epidermal wound healing dan deep wound healing*.

1. *Epidermal wound healing*

Merupakan proses penyembuhan luka yang berada di lapisan epidermis. Luka epidermal bisa mencapai dermis. Tipe luka epidermal, ct: abrasi. Pada luka epidermal, sel-sel epidermis akan mengelilingi luka dan bermigrasi menuju ke luka. Sel bermigrasi sampai seluruh sel menutup dan berikatan mengelilingi luka. Migrasi akan berhenti ketika sel epidermal sudah saling berikatan. Setelah semua sel basal bermigrasi, *epidermal growth factor* akan membelah diri dan membentuk epidermis yang baru



Gambar 16. 6. *Epidermal wound healing* (Tortora & Derickson, 2009)

2. Deep wound healing

Deep wound healing terjadi ketika luka mencapai dermis dan lapisan subkutan. Banyak lapisan kulit yang rusak, proses penyembuhan lebih kompleks dibandingkan dengan epidermal wound healing. Akan terdapat bekas luka. Pada penyembuhan luka ini ada 4 fase yaitu:

a. Fase inflamatori

Fase inflamatori terdiri atas rubor, calor, dolor dan fungiolesia. Terjadi respon vaskuler dan seluler yang berfungsi untuk mengeliminasi mikroba, material asing dan persiapan penyembuhan. Pada fase inflamasi terjadi vasodilatasi dan peningkatan permeabilitas pada pembuluh darah. Vasodilatasi tersebut akan mempercepat pengiriman sel sel yang membantu dalam fase inflamasi. Sel sel tersebut merupakan sel fagosit dari sel darah putih (neutrofil, monocyte) yang berubah menjadi makrofag yang memfagosit mikroba dan sel mesenkim yang berkembang menjadi fibroblast sehingga mencegah penyebaran infeksi. Inflamasi terjadi dalam tiga fase:

- 1) Histamin dan protein komplemen meningkatkan vasodilatasi dan permeabilitas kapiler, sehingga terjadi

peningkatan aliran darah ke area sehingga muncul tanda-tanda kemerahan, bengkak, panas.

- 2) Neutrofil dan monosit beremigrasi ke area luka kemudian melakukan fagositosis terhadap bakteri. Pus, cairan dan kumpulan sel mati terjadi pada fase infeksi
 - 3) Fibrinogen, membekukan darah, mencegah kehilangan darah, selanjutnya diikuti dengan perbaikan jaringan yang baru untuk menggantikan jaringan yang mati
- b. Fase migrasi
 - c. Fase proliferasi
 - d. Fase maturasi

Fase migrasi, proliferasi dan maturasi termasuk dalam fase reparasi/perbaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Saladin, K., 2003. *Integration and Control. Anatomy and Physiology: The Unity of Form and Function, 3rd Edition*. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc. Chapter 13, Pages: 481-513.
- Tortora & Derrickson, 2009. *Principals of Anatomy and Physiology 13th Edition*. John Wiley & Son, Inc.

Latihan soal

1. Kulit terdiri atas beberapa lapisan. Lapisan terluar merupakan lapisan epidermis. Manakah dibawah ini yang merupakan ciri dari lapisan epidermis?
 - A. Tidak terdapat pembuluh darah
 - B. Terdapat pembuluh darah
 - C. Terdapat sel adiposa
 - D. Terdapat saraf
 - E. Lentur

2. *Water repellent scalar* yang berfungsi untuk mencegah masuknya air kedalam tubuh dan mencegah keluarnya air dari dalam tubuh. Dihasilkan dari sel apakah *water repellent scalar* tersebut?
 - A. Sel Langerhans
 - B. Stratum basale
 - C. Sel Markell
 - D. Melanosit
 - E. Keratin

3. Kulit sebagai pertahanan pertama tubuh dilengkapi oleh sistem imun. Sel apakah yang berfungsi sebagai sistem imunologi pada kulit?
 - A. Sel Langerhans
 - B. Stratum basale
 - C. Sel Markell
 - D. Melanosit
 - E. Keratin

4. Sel apakah yang memproduksi pigmen dan berkontribusi memberikan warna pada kulit serta mengabsorbsi sinar UV?
 - A. Sel Langerhans
 - B. Stratum basale

- C. Sel Markell
 - D. Melanosit
 - E. Keratin
5. Kulit dilengkapi dengan struktur dasar warna kulit. Struktur dasar warna kulit tersebut yang akan menunjukkan symptom sebagai tanda korelasi klinis terhadap gejala tertentu. Gangguan metabolisme hati akan menyebabkan perubahan warna pada kulit. Warna apakah yang akan muncul apabila terjadi gangguan pada metabolisme hati tersebut?
- A. Erythema
 - B. Cyanosis
 - C. Jaundice
 - D. Albino
 - E. Pallor
6. Kulit sebagai pertahanan awal seringkali mengalami luka. Luka tersebut mengakibatkan kulit harus meregenerasi pembentukan kulit yang baru. Sel apakah yang berperan dalam pembentukan kulit yang baru?
- A. Sel Langerhans
 - B. Stratum basale
 - C. Sel Markell
 - D. Melanosit
 - E. Keratin
7. Sistem integumen mempunyai beberapa organ asesori. Organ asesori manakah yang juga berfungsi sebagai kelenjar eksokrin?
- A. Kelenjar keringat
 - B. Folikel rambut
 - C. Rambut

- D. Saraf
 - E. Kuku
8. Kelenjar keringat menurut tipe struktur utamanya dibagi menjadi *eccrine* dan *apocrine*. Manakah pernyataan yang benar mengenai kelenjar *eccrine*?
- A. Distribusi dikulit aksila, selangkangan, areola, jenggot, klitoris, labia minora
 - B. Distimulasi saat emosional stress dan rangsangan seksual
 - C. Tempat sekresi sebagian besar di lapisan subkutaneus
 - D. Akhiran ductus berada pada permukaan folikel rambut
 - E. Akhiran ductus berada pada permukaan epidermis
9. Salah satu fungsi kulit adalah sebagai fungsi sensori. Reseptor apakah yang berfungsi sebagai reseptor nyeri?
- A. Corpuscula Meissner
 - B. Corpuscula paccini
 - C. Thermoreseptor
 - D. Propioseptor
 - E. Nociseptor
10. Seorang pasien dibawa ke unit gawat darurat karena luka bakar. Pasien tidak merasakan nyeri pada daerah luka. Pada saat pengkajian luka, terdapat seperti cairan berwarna. Termasuk kategori luka bakar derajat berapakah pasien tersebut?
- A. Derajat tiga
 - B. Derajat dua
 - C. Derajat satu
 - D. Partial thickness
 - E. Lokal

INDEKS

A

Absorpsi, 34
Aktin, 235
Alel, 4
Alveoli, 177
Ansa henle, 158
Antidiuretik, 166
Asidosis metabolic, 23
Asidosis respiratorik, 67
Atrium, 117
Autoimunitas, 149
Autoritmik, 227, 229
Axon, 78

B

Badan sel, 77
Berkemih, 153
Bronkus, 176
Buta warna, 10

C

Cairan ekstraseluler, 56
Cairan Intraseluler, 56
Cairan koloid, 64
Cairan kristaloid, 64
Capsula bowman, 158
Cecum, 213
Colon, 213
Contractility, 228
Corticotropin Releasing
Hormone, 204

D

Defekasi, 219
Dendrit, 78
Dermis, 265
Diafragma, 179
Digesti, 221
Dihybrid, 4
Duodenum, 210

E

Ejakulasi, 249
Electrical excitability, 76
Enteric plexus, 76
Epidermis, 262
Esofagus, 209
Excitable, 73
Extensibility, 228

F

Fagositosis, 144
Faring, 174
Fenotip, 4
Filamen, 233
Folicle Stimulating Hormone, 203

G

Ganglia, 76
Gen
 Gen dominan, 4
 Gen heterozigot, 4
 Gen resesif, 4
 Genetika, 1
 Genotip, 4
Gliserol, 18
Glomerulus, 158
Glukoneogenesis, 38
Gonadotropin Releasing Hormone, 204

Growth hormone, 199
Growth Hormone Releasing Factor, 204

H

Hemofilia, 10
Hiperglikemia, 63
Hipodermis, 265

I

Ileum, 211
Ingesti, 221

J

Jejunum, 211

K

Keratin, 262
Kekebalan aktif, 148
Kekebalan pasif, 149
Kelenjar saliva, 214
Kanal anal, 213
Karbohidrat, 20
Kilomikron, 22
Korda spinal, 103
Kromosom, 3
 Kromosom homolog, 4

L

Lambung, 210

Lapisan jantung

Perikardium, 115

Epikardium, 116

Miokardium, 116

Endokardium, 166

Laringofaring, 174

Larutan hipertonik, 63

Larutan hipotonik, 62

Larutan isotonic, 62

Lidah, 214

Limpa, 141

Lipoprotein, 23

Lutheinizng Hormon, 203

M

Makromineral, 46

Mediastinum, 114

Melanin, 263

Melanosit, 263

Menstruasi, 253

Metabolisme, 17

Mikturisi, 164

Mineral, 46

Trace mineral, 46

Miosin, 234

Monohibrid, 4

Monosomi, 11

Mulut, 208

Myelin, 80

Myofibril, 232

N

Nasofaring, 174

Nefron, 157

Neuroglia, 79

Neuron

Neuron aferen, 79

Neuron asosiasi, 79

Neuron bipolar, 78

Neuron eferen, 79

Neuron multipolar, 78

Neuron unipolar, 78

Neuromuskular junction, 237

Neurotransmitter, 86

O

Oksitosin, 204

Oogenesis, 250

Organ limfoid, 140

Orofaring, 174

Otot skelet, 228

Otot jantung, 229

Otot polos, 229

P

Pankreas, 215

Pleura, 179

Prolactin Inhibiting Factor, 204

R

Refleks, 106
 Refleks ekstensi, 108
 Refleks fleksor, 107
 Refleks peregangan, 106
 Refleks spinal, 106
 Refleks tendon golgi, 107
 Refleks visceral, 106
Rektum, 213
Reseptor ionotropic, 85
Reseptor metabotropic, 86
Respirasi seluler, 180

S

Sarkolema, 231
Sarkomer, 233
Sarkoplasma, 232
Serat otot, 231
Sinaps, 78
Sirkulasi sistemik, 129
Sirkulasi pulmonal, 129
Sistem digesti, 207
Sistem endokrin, 193
Sistem limfatik, 137
Sistem kardiovaskuler, 113
Sistem respirasi, 171
Sistem saraf, 73
Skrotum, 244
Spermatogenesis, 245
Stimulus, 74

T

Testis, 243
Timus, 142
Tiroid stimulating hormone, 200
Tonsil, 142
Trakhea, 176
Triger zone, 78
Trisomi, 11
Tubulus proximal, 158
Tunika intima, 127
Tunika media, 127
Tunika adventisia, 128
Tyroid Releasing Hormone, 204

U

Ureter, 160
Uretra, 153, 154
Usus besar, 213
Usus halus, 201

V

Vitamin
 Vitamin larut air, 41
 Vitamin larut lemak, 39
Ventilasi, 180
Vesica urinaria, 163, 164

Z

Zona konduksi, 172
Zona respiratorik, 172

TENTANG PENULIS



Nurvita Risdiana, S. Kep., Ns., M. Sc., lahir di Wonosobo, 21 Oktober 1983. Riwayat Pendidikan: SDN Wonosobo 1, SLTP Negeri 1 Wonosobo, SMU Negeri 1 Wonosobo, S1- Program Studi Ilmu Keperawatan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2001), Program Profesi Ners Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2004), S2- Program Pascasarjana Ilmu

Kedokteran Dasar dan Biomedis, Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada (2011).

Riwayat pekerjaan menjadi dosen di Program Studi Ilmu Keperawatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2009-sekarang).

Bidang penulis adalah di keperawatan dasar khususnya fisiologi dalam keperawatan. Bidang minat penelitian penulis adalah bidang ilmu neuroscience. Saat ini penulis berdomisili di Bantul, Yogyakarta.

Email Nurvita.risdiana@umy.ac.id

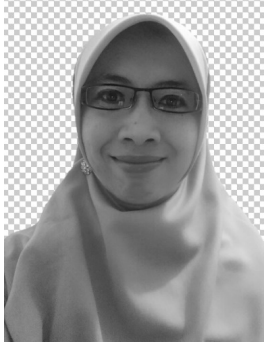
KONTRIBUTOR



Syahruramdhani, S. Kep., Ns., MSN., M. Sc., lahir di Kumai, 28 Maret 1990. Riwayat Pendidikan: SDN 7 Mendawai, SMPN 1 Pangkalan Bun, SMAN 1 Pangkalan Bun, S1- Program Studi Ilmu Keperawatan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2007), Program Profesi Ners Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2011), S2- Program Pascasarjana Ilmu Kedokteran Dasar dan Biomedis, Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada (2013), Master of Science in Nursing, Nursing Department, Central Taiwan University of Science and Technology (CTUST) (2014).

Riwayat pekerjaan menjadi dosen di Program Studi Ilmu Keperawatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2013-sekarang).

Bidang penulis adalah di keperawatan dasar khususnya fisiologi dalam keperawatan. Bidang minat penelitian penulis adalah komplementari terapi. Saat ini penulis berdomisili di Bantul, Yogyakarta. Email syahruramdhani@umy.ac.id



Resti Yulianti Sutrisno, M. Kep. Ns., Sp.

Kep.MB., lahir di Sleman, 19 Juli 1987.

Riwayat Pendidikan: SD Bangirejo 1 Yogyakarta (1993), SMP Negeri 6 Yogyakarta (1999), SMA Negeri 1 Yogyakarta (2002), S1- Ilmu Keperawatan Universitas Gadjah Mada (2005), Profesi Ners- Universitas Gadjah Mada (2009), S2- Magister Keperawatan Universitas Indonesia (2012), Spesialis

Keperawatan Medikal Bedah Peminatan Respirasi Universitas Indonesia (2015)

Riwayat pekerjaan menjadi dosen di Program Studi Ilmu Keperawatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2012-sekarang).

Bidang penulis adalah di Keperawatan Medikal Bedah khususnya respirasi. Bidang minat penelitian penulis adalah tentang masalah respirasi khususnya tuberculosis, PPOK, Asma dan rokok. Saat ini penulis berdomisili di Sleman, Yogyakarta. Email restiyulianti@umy.ac.id



Dewi Puspita, S. Kp., M. Sc., lahir di Purwokerto, 4 November 1977. Riwayat Pendidikan: SDN Kranji VI, SMP N 1 Purwokerto, SMA N2 Purwokerto, Diploma 3 Akper Kesdam IV Diponegoro (1995), S1-Program Studi Ilmu Keperawatan Universitas Diponegoro (2002), Program Profesi Ners Universitas Diponegoro (2004), S2- Program Pascasarjana Ilmu Kedokteran Dasar dan Biomedis, Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada (2008), Riwayat pekerjaan menjadi dosen di Program Studi Ilmu Keperawatan Stikes Ngudi Waluyo Ungaran (2005 -2015), Program Studi Ilmu Keperawatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2015-sekarang). Bidang penulis adalah di keperawatan dasar khususnya tentang reproduksi. Bidang minat penelitian penulis adalah reproduksi dan women health. Saat ini penulis berdomisili di Sleman, Yogyakarta. Email: dewipuspita@fkik.umy.ac.id



dr. Ika Setyawati, M. Sc. lahir di Sragen, 20 November 1984. Riwayat Pendidikan: SDN 1 Mlale (Sragen) (1990), SLTPN 1 Tangen (Sragen) (1996), SMUN 3 Sragen (1999), S1-Program Studi Pendidikan Dokter Fakultas kedokteran Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2002), S2- Ilmu Kedokteran Dasar dan Biomedis Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada minat Biokimia (2012).

Riwayat pekerjaan menjadi dosen di Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2012-sekarang).

Bidang penulis adalah di Kedokteran Dasar khususnya biokimia. Bidang minat penelitian penulis adalah biomolekular dan natural product. Saat ini penulis berdomisili di Bantul, Yogyakarta. Email: ikasetyawati.dr@umy.ac.id



Al Afik, S. Kep., Ns., M. Kep. lahir di Ponorogo, 29 Februari 1972. Riwayat Pendidikan: SDN Brahu (1982), SMPN Siman (1988), SMAN 2 Ponorogo (1991), SPK Dep. Kes. Magetan (1994), D3 Akper Aisyiyah Yogyakarta (2000), S1- Program Studi Ilmu Keperawatan Universitas Gadjah Mada (2007), S2- Magister Keperawatan Peminatan Emergency Fakultas Kedokteran Universitas

Brawijaya (2015).

Riwayat pekerjaan: Perawat di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Yogyakarta dan PKU Muhammadiyah Yogyakarta (1994-2017), menjadi dosen di Program Studi Ilmu Keperawatan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2012-sekarang).

Bidang penulis adalah di Keperawatan Gawat Darurat. Bidang minat penelitian penulis adalah emergency dan disaster. Saat ini penulis berdomisili di Bantul, Yogyakarta. Email: afik72@umy.ac.id



Dr. dr. Ratna Indriawati, M. Kes lahir di Bantul, 20 Agustus 1972. Riwayat Pendidikan: SDN Cepit III (1979), SMPN 1 Bantul (1985), SMAN 1 Yogyakarta (1988), Kedokteran Universitas Gadjah Mada (1991), Ilmu Kedokteran Dasar dan Biomedis Universitas Gadjah Mada (2003), Ilmu Kedokteran Dasar Universitas Gadjah Mada (2012)

Riwayat pekerjaan: Dokter PTT di Puskesmas Mlati II, Sleman (1988-2000), dosen di Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2000- sekarang).

Bidang penulis adalah di fisiologi kedokteran. Bidang minat penelitian penulis adalah fisiologi dan neuroscience. Saat ini penulis berdomisili di Bantul, Yogyakarta. Email: @umy.ac.id



Dra. Yoni Astuti, M. Kes, Ph. D lahir di Madiun, 14 Agustus. Riwayat Pendidikan: SD N Kutoarjo (1973), SMP N Kutoarjo (1979), SMA N Purworejo (1982), S1- Bio-Lingkungan Universitas Gadjah Mada (1985), S-2 Ilmu Kedokteran Dasar Universitas Gadjah Mada (1995), S-3 Doktoral Kedokteran Kobe, Jepang (2011).

Riwayat pekerjaan: Dosen di Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (1994 - sekarang).

Bidang penulis adalah di biokimia kedokteran. Bidang minat penelitian penulis adalah biokimia dan gizi Saat ini penulis berdomisili di Bantul, Yogyakarta. Email: yonia@umy.ac.id

Buku Ajar Ilmu Dasar Keperawatan I merupakan bagian dari kelompok ilmu dasar yang menjelaskan konsep biologi, fisika, biokimia, gizi. Konsep-konsep tersebut dikaitkan dengan konsep-konsep anatomi dan fisiologi manusia dalam mempertahankan homeostasis tubuh. Setelah proses pembelajaran Ilmu Dasar Keperawatan I mahasiswa mampu menerapkan konsep Ilmu dasar dalam menyelesaikan masalah keperawatan, menerapkan prinsip-prinsip fisika (biomekanik dan biolistrik) ataupun konsep sistem tubuh yang lain sebagai suatu pendekatan dalam menyelesaikan masalah keperawatan.

Selain itu, mahasiswa mampu menganalisis masalah keperawatan dengan menggunakan prinsip-prinsip biokimia dan gizi sebagai bagian pendekatan holistik keperawatan serta menjelaskan konsep-konsep anatomi dan fisiologi manusia sebagai suatu pendekatan dalam menyelesaikan masalah keperawatan, Mahasiswa mampu menjelaskan mekanisme fisiologi tubuh manusia dalam berbagai aktifitas, menjelaskan mekanisme fisiologi tubuh manusia dalam mempertahankan homeostasis tubuh.

Buku ajar ini dibuat untuk memudahkan mahasiswa ilmu keperawatan khususnya dalam mempelajari konsep konsep dasar biomedis sebagai dasar penegakan diagnose keperawatan. Buku ini dibuat semudah mungkin sehingga mahasiswa mampu memahami dengan baik.

