

EDITOR

Dr. Lilin Rosyanti, S.Kep., Ns., M.Kes

dr. Zida Maulina Aini, M. Ked. Trop, Sp. Rad



DASAR-DASAR ILMU BIOMEDIK STRUKTUR DAN FUNGSI

Kartini | Tedy Febriyanto | Usu Sius | Dedy Suryadi | Ghaniyyatul Khudri | Silphia Novelyn
Frisca Ronauli Batubara | Rauza Sukma Rita | Noengki Prameswari | Kristanti Parisihni
Frisca Angreni | Widia Sari | Fajar Susanti | Erlin Ifadah | Muhammad Iqbal
Kurnia Maidarmi Handayani

DASAR-DASAR ILMU BIOMEDIK STRUKTUR DAN FUNGSI

Buku Dasar-Dasar Ilmu Biomedik: Struktur dan Fungsi yang berada ditangan pembaca disusun dalam 16 Bab yaitu:

Bab 1 Dasar–Dasar Anatomi Tubuh Manusia

Bab 2 Struktur, Fungsi Sel, Jaringan, dan Sistem Tubuh Manusia

Bab 3 Prinsip-Prinsip Fisika Kesehatan : Biomekanik

Bab 4 Prinsip-Prinsip Fisika Kesehatan : Biolistrik

Bab 5 Struktur dan Fungsi Sistem Integumen

Bab 6 Struktur dan Fungsi Sistem Muskuloskeletal

Bab 7 Struktur dan Fungsi Sistem Sensori

Bab 8 Struktur dan Fungsi Sistem Endokrin

Bab 9 Struktur dan Fungsi Sistem Kardiovaskuler

Bab 10 Fungsi Sistem Limfatik serta Kekebalan Tubuh

Bab 11 Struktur dan Fungsi Sistem Pernapasan

Bab 12 Struktur dan Fungsi Sistem Pencernaan

Bab 13 Struktur dan Fungsi Sistem Perkemihan

Bab 14 Struktur dan Fungsi Sistem Persarafan

Bab 15 Struktur dan Fungsi Sistem Reproduksi

Bab 16 Metabolisme dan Pengaturan Suhu Tubuh

DASAR-DASAR ILMU BIOMEDIK STRUKTUR DAN FUNGSI

Dr. Kartini, S.SiT., M.Kes.
Tedy Febriyanto, SST., M.Bmd.
Ns. Usu Sius, S.Kep., M.Biomed.
Dr. Dedy Suryadi, S.T., M.T.
dr. Ghaniyyatul Khudri, M.Biomed.
dr. Silphia Novelyn, M.Biomed.
dr. Frisca Ronauli Batubara, M.Biomed.
dr. Rauza Sukma Rita, Ph.D.
Prof. Dr. Noengki Prameswari, drg., M.Kes.
Dr. Kristanti Parisihni, drg., M.Kes.
dr. Frisca Angreni, M.Biomed.
dr. Widia Sari, M.Biomed.
Ns. Fajar Susanti, M.Kep., Sp.Kep.Kom.
Ns. Erlin Ifadah., M.Kep., Sp.Kep.M.B.
dr. Muhammad Iqbal
dr. Kurnia Maidarmi Handayani, M.Biomed.



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

DASAR-DASAR ILMU BIOMEDIK STRUKTUR DAN FUNGSI

Penulis : Dr. Kartini, S.SiT., M.Kes.; Tedy Febriyanto, SST., M.Bmd.; Ns. Usu Sius, S.Kep., M.Biomed.; Dr. Dedy Suryadi, S.T., M.T.; dr. Ghaniyyatul Khudri, M.Biomed.; dr. Silphia Novelyn, M.Biomed.; dr. Frisca Ronauli Batubara, M.Biomed.; dr. Rauza Sukma Rita, Ph.D.; Prof. Dr. Noengki Prameswari, drg., M.Kes.; Dr. Kristanti Parisihni, drg., M.Kes.; dr. Frisca Angreni, M.Biomed.; dr. Widia Sari, M.Biomed.; Ns. Fajar Susanti, M.Kep., Sp.Kep.Kom.; Ns. Erlin Ifadah., M.Kep., Sp.Kep.M.B.; dr. Muhammad Iqbal; dr. Kurnia Maidarmi Handayani, M.Biomed.

Editor : Dr. Lilin Rosyanti, S.Kep., Ns., M.Kes.
dr. Zida Maulina Aini, M. Ked. Trop., Sp. Rad.

Desain Sampul : Ardyan Arya Hayuwaskita

Tata Letak : Husnun Nur Afifah

ISBN : 978-623-120-484-4

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, MARET 2024**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekaediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2024

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Kuasa atas limpahan nikmat yang telah diberikan sehingga berhasil menyelesaikan buku berjudul Dasar-Dasar Ilmu Biomedik: Struktur Dan Fungsi tanpa kendala yang bermakna. Buku ini disusun dengan harapan dapat membantu mahasiswa, dosen dan masyarakat dalam dalam mencari referensi terkait dasar-dasar ilmu biomedik.

Buku Dasar-Dasar Ilmu Biomedik: Struktur dan Fungsi yang berada ditangan pembaca disusun dalam 16 Bab yaitu:

- Bab 1 Dasar-Dasar Anatomi Tubuh Manusia
- Bab 2 Struktur, Fungsi Sel, Jaringan, dan Sistem Tubuh Manusia
- Bab 3 Prinsip-Prinsip Fisika Kesehatan : Biomekanik
- Bab 4 Prinsip-Prinsip Fisika Kesehatan : Biolistrik
- Bab 5 Struktur dan Fungsi Sistem Integumen
- Bab 6 Struktur dan Fungsi Sistem Muskuloskeletal
- Bab 7 Struktur dan Fungsi Sistem Sensori
- Bab 8 Struktur dan Fungsi Sistem Endokrin
- Bab 9 Struktur dan Fungsi Sistem Kardiovaskuler
- Bab 10 Fungsi Sistem Limfatik Serta Kekebalan Tubuh
- Bab 11 Struktur dan Fungsi Sistem Pernapasan
- Bab 12 Struktur dan Fungsi Sistem Pencernaan
- Bab 13 Struktur dan Fungsi Sistem Perkemihan
- Bab 14 Struktur dan Fungsi Sistem Persarafan
- Bab 15 Struktur dan Fungsi Sistem Reproduksi
- Bab 16 Metabolisme dan Pengaturan Suhu Tubuh

Buku ini disusun bukan sebagai karya yang sempurna, selalu ada kekurangan yang mungkin tidak disengaja atau karena perkembangan ilmu pengetahuan yang belum penulis ketahui. Oleh karena itu masukan dan saran yang membangun sangat diharapkan dengan senang hati demi kesempurnaan buku ini.

Akhirnya penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah

mempercepat, mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini.
Semoga buku ini dapat bermanfaat dan selamat membaca

Kendari, 17 Februari 2024

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 DASAR-DASAR ANATOMI TUBUH MANUSIA	1
A. Pendahuluan	1
B. Subdivisi Ilmu Anatomi	1
C. Terminologi Anatomi	2
D. Organisasi Tubuh Manusia	10
E. Pengenalan Sistem Organ Tubuh Manusia	13
F. Istilah-Istilah dalam Anatomi Tubuh Manusia	15
DAFTAR PUSTAKA.....	17
BAB 2 STRUKTUR, FUNGSI SEL, JARINGAN, DAN SISTEM TUBUH MANUSIA	18
A. Struktur dan Fungsi Sel	18
B. Jaringan.....	26
C. Organ	29
D. Sistem Tubuh Manusia	30
DAFTAR PUSTAKA	32
BAB 3 BIOMEKANIKA	33
A. Pendahuluan	33
B. Konsep dalam Biomekanika	34
C. Biomekanika Kerja Tubuh.....	36
D. Hukum Dasar dalam Biomekanika.....	38
E. Aspek Biomekanika	40
F. Aplikasi Biomekanika dalam Kesehatan.....	46
DAFTAR PUSTAKA	51
BAB 4 PRINSIP-PRINSIP FISIKA KESEHATAN:	
BIOLISTRIK	52
A. Pendahuluan	52
B. Sifat Listrik Tubuh Manusia	53
C. Listrik di dalam Tubuh.....	57
D. Sinyal Listrik dari Otot	63
E. Potensi Listrik di Jantung.....	66

	F. Perangkat Biomedis	71
	DAFTAR PUSTAKA.....	78
BAB 5	STRUKTUR DAN FUNGSI SISTEM INTEGUMEN	79
	A. Pengenalan Sistem Integumen	79
	B. Embriologi Sistem Integumen.....	79
	C. Struktur Sistem Integumen.....	82
	D. Jenis-Jenis Kulit	88
	E. Fungsi Sistem Integumen.....	91
	F. Histofisiologi dan Histodinamika Kulit dan Adneksa.....	93
	DAFTAR PUSTAKA.....	97
BAB 6	STRUKTUR DAN FUNGSI SISTEM MUSKULOSKELETAL.....	98
	A. Pendahuluan.....	98
	B. Struktur Sistem Muskuloskeletal.....	98
	C. Fungsi Sistem Muskuloskeletal.....	106
	DAFTAR PUSTAKA	110
BAB 7	STRUKTUR DAN FUNGSI SISTEM SENSORI	111
	A. Pendahuluan.....	111
	B. Sistem Saraf Sensoris	114
	C. Jenis-jenis Reseptor Sensorik	115
	D. Jenis Reseptor Berdasarkan Kecepatan Adaptasi	117
	DAFTAR PUSTAKA.....	121
BAB 8	STRUKTUR DAN FUNGSI SISTEM ENDOKRIN	122
	A. Pendahuluan.....	122
	B. Struktur Sistem Endokrin	123
	C. Fungsi Sistem Endokrin	130
	D. Kesimpulan	141
	DAFTAR PUSTAKA.....	142
BAB 9	SISTEM KARDIOVASKULER.....	147
	A. Pendahuluan.....	147
	B. Struktur Anatomi Jantung	147
	C. Kerja Jantung sebagai Pompa.....	151
	D. Sifat Otot Jantung.....	153
	E. Cara Kerja Jantung.....	154
	F. Siklus Jantung.....	156
	G. Tekanan Darah	157

DAFTAR PUSTAKA	161
BAB 10 FUNGSI SISTEM LIMFATIK SERTA KEKEBALAN	
TUBUH.....	162
A. Sistem Limfatik	162
B. Fungsi Sistem Limfatik	163
C. Struktur Sistem Limfatik	164
D. Organ dan Jaringan Limfatik : Peran pada Kekebalan Tubuh	167
E. Sirkulasi Limfosit pada Sistem Imun.....	174
DAFTAR PUSTAKA	176
BAB 11 STRUKTUR DAN FUNGSI SISTEM PERNAPASAN .177	
A. Pendahuluan	177
B. Struktur Sistem Pernapasan.....	178
C. Fungsi Sistem Pernapasan.....	194
DAFTAR PUSTAKA	197
BAB 12 STRUKTUR DAN FUNGSI SISTEM PENCERNAAN 198	
A. Pendahuluan	198
B. Struktur Sistem Pencernaan.....	199
C. Fungsi Mulut dalam Sistem Pencernaan.....	207
D. Fungsi Faring dan Esofagus dalam Sistem Pencernaan	208
E. Fungsi Lambung dalam Sistem Pencernaan.....	210
F. Fungsi Pankreas dalam Sistem Pencernaan.....	212
G. Fungsi Hati dalam Sistem Pencernaan	212
H. Fungsi Usus Halus dalam Pencernaan.....	213
I. Fungsi Usus Besar dalam Pencernaan.....	216
DAFTAR PUSTAKA	219
BAB 13 STRUKTUR DAN FUNGSI SISTEM PERKEMIHAN .221	
A. Pendahuluan	221
B. Sistem Perkemihan.....	221
C. Anatomi Ginjal.....	224
DAFTAR PUSTAKA.....	240
BAB 14 STRUKTUR DAN FUNGSI SISTEM PERSARAFAN..241	
A. Pengertian.....	241
B. Struktur Sel Saraf.....	242
C. Jenis Sel Saraf Berdasarkan Fungsi	244
D. Susunan Saraf Manusia	244

DAFTAR PUSTAKA.....	255
BAB 15 STRUKTUR DAN FUNGSI SISTEM REPRODUKSI..	256
A. Payudara	256
B. External Genitalia Wanita	259
C. Genitalia Internal Wanita.....	264
DAFTAR PUSTAKA	278
BAB 16 METABOLISME DAN PENGATURAN SUHU	
TUBUH	279
A. Pendahuluan.....	279
B. Metabolisme Karbohidrat	280
C. Metabolisme Protein.....	283
D. Metabolisme Lemak.....	286
E. Laju Metabolisme	289
F. Pengaturan Suhu Tubuh	290
DAFTAR PUSTAKA.....	295
TENTANG PENULIS.....	297

BAB 11

STRUKTUR DAN FUNGSI SISTEM PERNAPASAN

dr. Frisca Angreni, M.Biomed.

A. Pendahuluan

Bernapas adalah suatu kebutuhan mendasar dan paling penting untuk makhluk hidup. Manusia bisa saja hidup tanpa makanan ataupun air dalam beberapa minggu, tetapi tidak dapat hidup tanpa menghirup oksigen walaupun dalam beberapa menit saja. Oksigen dibutuhkan oleh seluruh sel dalam tubuh kita secara terus menerus untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan oleh organ-organ tubuh, terutama otak sebagai pusat kesadaran, kendali, dan koordinasi tubuh (Marieb, 2012).

Sel memerlukan energi untuk proses pertumbuhan, mempertahankan diri, dan regenerasi. Sel-sel dalam tubuh kita banyak memperoleh energi tersebut melalui mekanisme aerobik yang melibatkan oksigen dan menghasilkan gas sisa yaitu karbondioksida.

Dalam sistem pernapasan, ada beberapa hal yang harus terjadi di dalam tubuh yaitu:

1. Ventilasi pulmoner

Udara bergerak masuk ke dalam dan keluar dari paru, sehingga gas-gas di dalam alveoli paru secara kontinyu akan berganti. Proses ini disebut ventilasi atau bernafas

2. Respirasi eksternal

Gas dalam darah dan gas di dalam alveoli paru mengalami difusi (pertukaran gas). Oksigen di dalam alveoli akan berdifusi ke dalam darah, sedangkan karbondioksida dalam darah berdifusi ke dalam alveoli paru.

3. Transport gas-gas respirasi

Oksigen dan karbondioksida yang dihasilkan selanjutnya akan masuk kedalam sistem kardiovaskular, darah berfungsi sebagai cairan transport.

4. Respirasi internal

Gas yang terdapat di dalam pembuluh darah kapiler sistemik mengalami pertukaran antara darah dan sel-sel dalam jaringan.

Untuk melakukan semua proses diatas, maka sistem respirasi mempunyai struktur alat-alat dalam tubuh yang memungkinkan proses pernapasan dapat berjalan dengan baik (Martini, 2012).

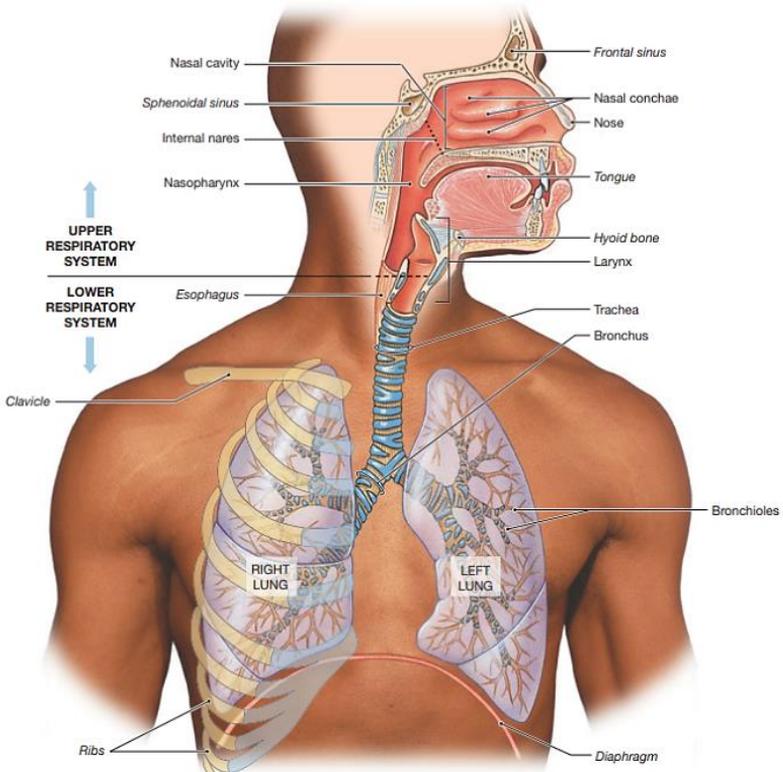
B. Struktur Sistem Pernapasan

Struktur sistem pernapasan dilihat dari letaknya, dapat dibagi menjadi sistem pernapasan bagian atas dan sistem pernapasan bagian bawah (Gambar 11.1)

Sistem pernapasan bagian atas terdiri dari hidung (nasal), rongga hidung (cavum nasi), sinus paranasal, dan pharynx (tenggorokan). Sistem pernapasan bagian bawah meliputi larynx (*voice box*), trachea (batang tenggorokan), bronchus, bronchiolus, dan alveoli . Istilah pada saluran pernapasan mengacu pada saluran yang membawa udara dari luar tubuh ke dalam paru dan membawa udara dari dalam paru keluar tubuh (Martini, 2012).

Secara fungsional, struktur sistem respirasi dapat dibagi menjadi zona konduksi dan zona respirasi, zona konduksi merupakan saluran respirasi yang membawa udara ke tempat pertukaran gas (alveoli). Zona konduksi sering juga disebut sebagai ruang rugi anatomi karena walaupun berguna untuk menghantarkan udara ke tempat pertukaran gas, tetapi tidak ikut berperan dalam pertukaran gas tersebut (Waschke, 2018). Struktur zona konduksi bekerja dengan menyaring, melembabkan, dan menghangatkan udara yang masuk, karenanya udara yang menjangkau paru mengandung lebih sedikit debu dibandingkan ketika udara tersebut baru saja

memasuki hidung, udara ini juga lebih hangat dan lebih lembab. Yang termasuk dalam zona konduksi adalah hidung, faring, laring, trachea, bronchus, dan bronchiolus. Zona respiratori adalah tempat sebenarnya pertukaran gas respirasi di dalam paru terjadi, zona ini tersusun dari saluran respiratorius terminalis (bronchiolus terminalis), bronchiolus respiratorius, ductus alveolaris, dan saccus alveolaris, dan alveoli (Marieb, 2012). Selanjutnya kita akan membahas saluran pernapasan yang masuk dalam sistem respirasi.



Gambar 11. 1. Struktur Sistem Pernapasan

1. Hidung dan Rongga Hidung

Hidung adalah saluran tempat pertama kali udara masuk ke dalam sistem pernapasan. Udara masuk melalui sepasang lubang hidung (nares external/nostiril), yang di dalamnya terdapat rongga hidung (cavum nasi). Sebelum masuk ke cavum nasi, terdapat suatu ruangan yang memiliki

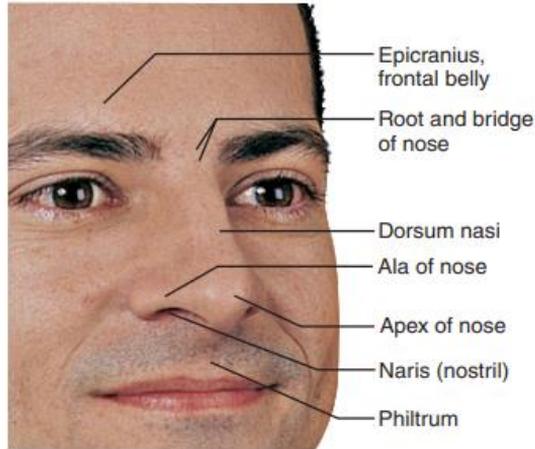
rambut-rambut kasar hidung. Area tersebut disebut dengan vestibulum nasi. Udara yang mengandung partikel-partikel besar yang terhirup, seperti pasir, serbuk gergaji, atau bahkan serangga, akan tersaring pada rambut-rambut ini dan akan dicegah untuk masuk ke cavum nasi (Marieb, 2012).

Bagian kranial (atas) dari hidung terdiri dari tulang, hal ini menyebabkan jika wajah terkena trauma maka kemungkinan terjadi fraktur pada hidung sangat besar.

Di antara nares eksternal kiri dan kanan terdapat sekat yang dinamakan septum nasi. Septum nasi terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang terbentuk dari tulang sejati dan bagian yang terbentuk dari tulang rawan (Martini, 2012). Pada kondisi tertentu bagian tulang rawan dan tulang sejati tumbuh tidak lurus, hal ini disebut deviasi septum. Deviasi septum dapat menyumbat cavum nasi (kongesti nasal), jika ini terjadi maka dibutuhkan pembedahan (Schunke, 2016)

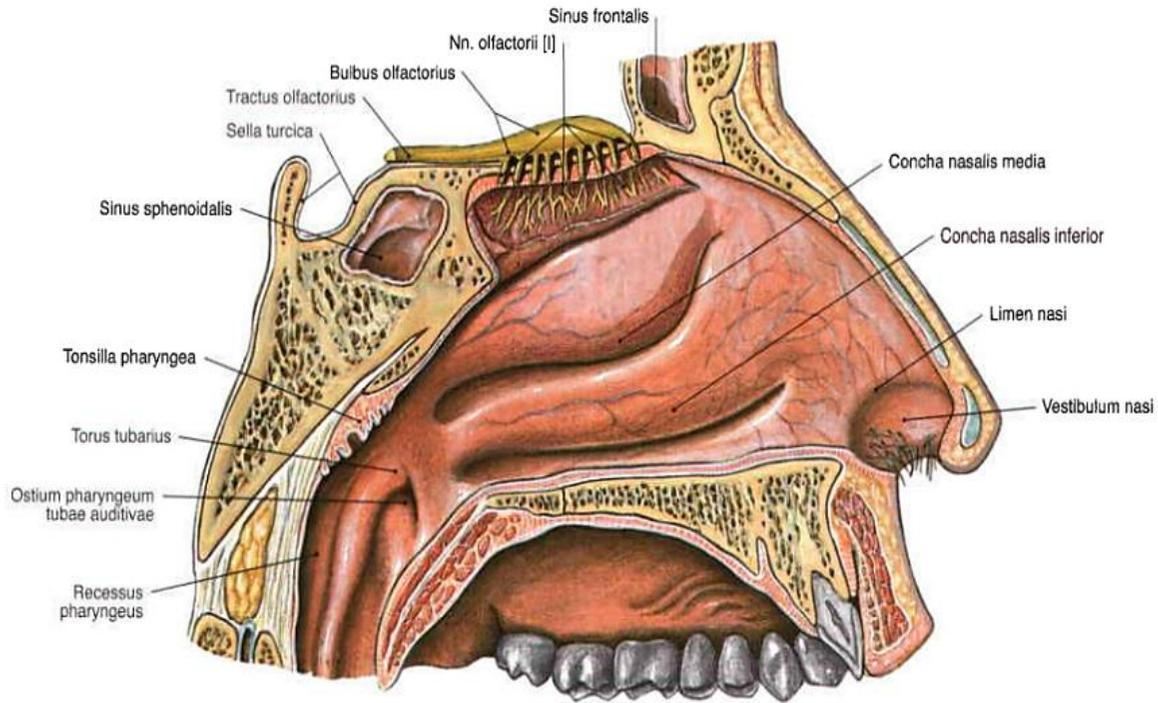
Bagian yang lebih posterior pada septum nasi juga dibentuk oleh tulang, perpaduan lamina perpendicularis os ethmoid dan lamina vomer. Bagian anterior septum nasi terbentuk dari kartilago hialin. Lempong tulang rawan ini menopang batang hidung (dorsum nasi) dan puncak hidung (apex nasi) (Gambar 11.2)(Martini, 2012).

Berbagai variasi pada ukuran dan bentuk hidung seseorang sebagian besar disebabkan oleh perbedaan pada cartilago nasi. Di bagian posterior, cavum nasi berlanjut ke bagian nasal pharynx (nasopharynx) melewati lubang hidung belakang atau disebut apertura nasalis posterior atau choana. Di dalam hidung terdapat bulu-bulu hidung (vibrissae). Bagian akhir dari cavum nasi dilapisi dengan dua tipe dari membran mukosa (1) bagian kecil dari mukosa olfaktorius dekat dengan radix dari cavum nasi, merupakan tempat reseptor penghidu berada (2) mukosa respiratorius melapisi sebagian besar cavum nasi. Mukosa respiratorius terdiri dari epitel columnar pseudostratifikasi bersilia berisi sel-sel goblet yang menyebar, dan didasari oleh jaringan ikat lamina propria (Marieb, 2012)



Gambar 11. 2. Permukaan Hidung Bagian Luar

Cavum nasi, di medial dari setiap dinding lateral terdapat tiga mukosa tertutup, strukturnya seperti gulungan, yang disebut sebagai concha nasalis superior, concha nasalis media, dan concha nasalis inferior, yang merupakan tulang terpisah (Gambar 11.3). Alur yang lebih rendah dari setiap concha disebut meatus. Saat udara yang masuk mengalir di atas lengkungan conchae, udara tersebut akan menghasilkan turbulensi dan turbulensi tersebut sangat meningkatkan jumlah kontak antara mukosa hidung dan udara yang terinspirasi. Gas-gas di udara yang dihirup berputar-putar melalui liku-liku conchae, tetapi partikel udara dibelokkan ke permukaan yang dilapisi lendir, dimana udara tersebut menjadi terperangkap. Akibatnya, beberapa partikel yang lebih besar dari 4 μm akan melewati rongga hidung (Marieb, 2012)



Gambar 11. 3. Dinding Lateral Cavum Nasi

Pada sebagian besar cavum nasi, di mukosanya terdapat lamina propria yang mengandung vaskularisasi dari banyak arteri, vena, dan kapiler untuk membawa nutrisi dan air ke sel-sel sekretori. Vaskularisasi ini berfungsi untuk menghangatkan dan melembabkan udara yang masuk (serta mendinginkan dan menghilangkan kelembapan udara yang keluar). Saat udara dingin dan kering masuk ke dalam permukaan rongga hidung, epitel akan mengeluarkan panas, dan air yang berada di dalam lendir menguap. Dalam proses ini udara yang berjalan dari cavum nasi ke paru mempunyai suhu yang hampir mencapai suhu tubuh. (Martini, 2012)

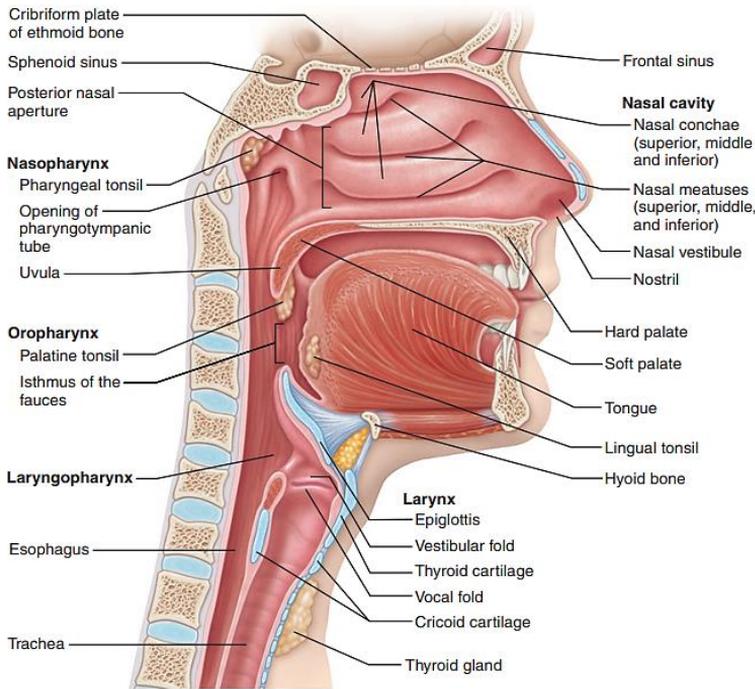
2. Pharynx dan Larynx

Pharynx adalah saluran berbentuk corong yang menghubungkan cavum nasi ke laring dan cavum oris ke esophagus. Faring berjalan dari pangkal cranium ke vertebrae cervicalis VI dan berfungsi sebagai saluran untuk makanan dan udara. Dalam hal saluran pencernaan, pharynx biasa disebut sebagai tenggorokan. Atas dasar lokasi dan fungsi, pharynx dibagi menjadi (dari superior ke inferior) naso pharynx, oropharynx, laryngopharynx (Marieb, 2012) (Gambar 11.4):

- a. Nasopharynx adalah bagian paling atas (superior) dari pharynx. Nasopharynx terhubung ke bagian posterior rongga hidung melalui lubang hidung belakang (nares internal). Palatum molle (langit-langit mulut yang keras/*hard palate*) memisahkan nasopharynx dari rongga mulut (cavum oris). Epitel nasopharynx adalah epitel columnar bersilia pseudostratifikasi yang sama seperti pada cavum nasi. Pada dinding posterior nasopharynx terdapat sepasang tonsil yang disebut tonsila pharyngea. Saluran tuba auditiva eustachii kiri dan kanan bermuara ke nasopharynx di kedua sisi tonsila pharyngea.
- b. Oropharynx, terbentang dari langit-langit mulut yang lunak (palatum molle) sampai pangkal lidah setinggi os hyoid. Bagian belakang cavum nasi berhubungan langsung dengan oropharynx. Pada batas antara

nasopharynx dan oropharynx, epitel berubah dari epitel columnar semu menjadi epitel skuamosa berlapis.

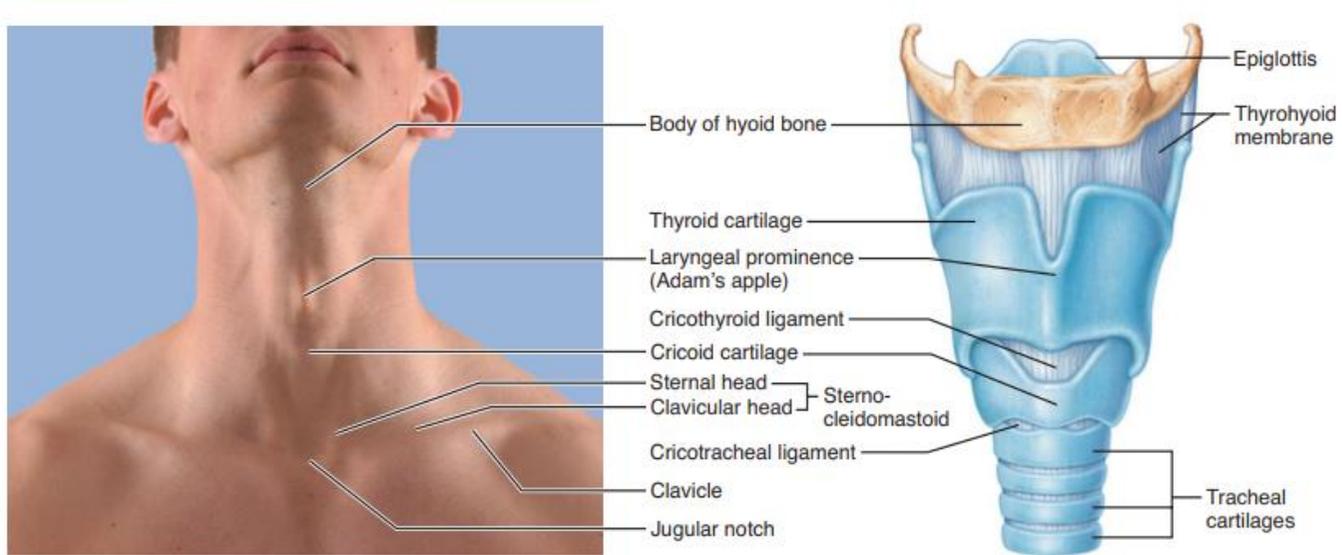
- c. Laryngopharynx adalah bagian paling akhir dari pharynx. Laryngopharynx mencakup bagian pharynx antara os hyoid dan pintu masuk ke larynx dan esophagus. Sama dengan oropharynx, laryngopharynx dilapisi dengan epitel skuamosa berlapis yang tahan terhadap abrasi, zat-zat kimia, dan invasi patogen. (Martini, 2012)



Gambar 11. 4. Potongan Midsagittal Kepala dan Leher

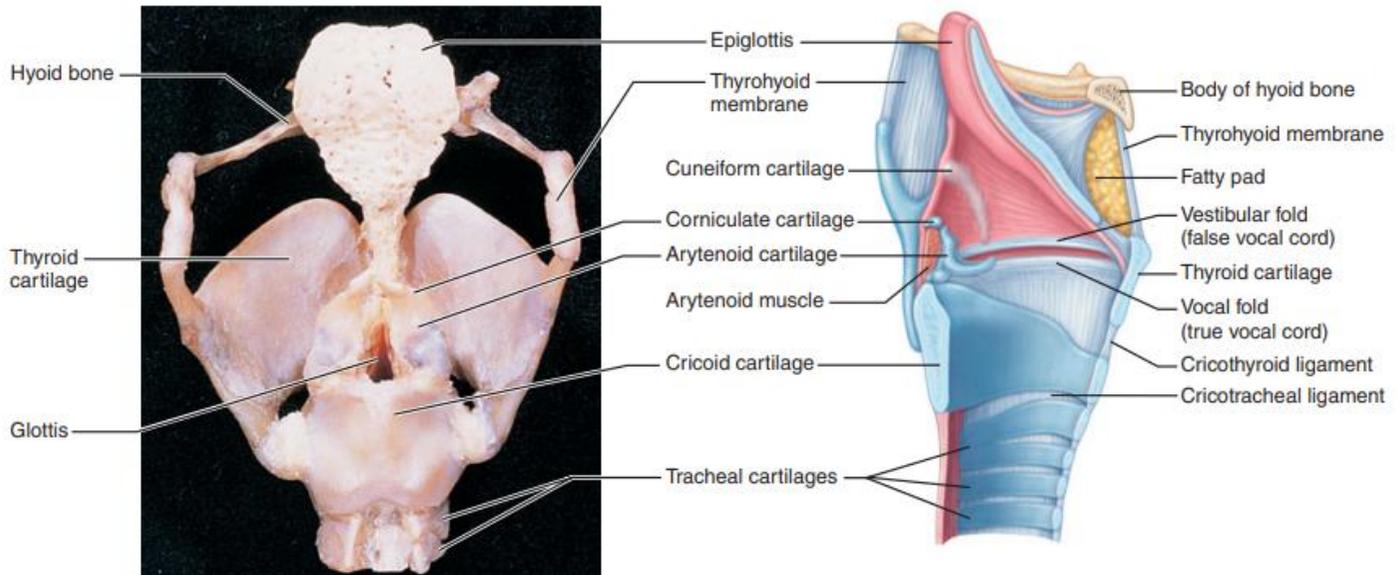
Letak pharynx lebih superior dari cavum oris, sehingga nasopharynx hanya berfungsi sebagai saluran udara. Selama menelan, palatum molle (*soft palate*) dan uvula menutup nasopharynx dan mencegah makanan memasuki rongga hidung. Ketika seseorang tertawa terkikik, tindakan penutupan saluran gagal, dan cairan yang tertelan dapat menyembur dari hidung ke luar.

Udara inspirasi meninggalkan pharynx dan masuk ke larynx melalui lubang sempit yang disebut glottis. Larynx adalah tabung saluran pernapasan yang dibentuk oleh sembilan tulang rawan yang mengelilingi dan melindungi glottis. Tiga tulang rawan besar yang tidak berpasangan dan 3 tulang rawan kecil yang berpasangan. Tiga tulang rawan (cartilago) besar yang tidak berpasangan membentuk larynx adalah cartilago thyroid, cartilago cricoid, dan epiglottis (gambar 11.5). Pada tulang rawan thyroid, kita dapat merasakan sebuah tonjolan larynx di anterior yang disebut prominencia atau yang biasa disebut jakun (*adam's apple*) (gambar 11.5). (Martini, 2012) Cartilago thyroid lebih besar pada pria dibandingkan pada wanita karena hormon seks pria merangsang pertumbuhannya selama masa pubertas (Marieb, 2012)



Gambar 11. 5. Laring (Tampak Anterior)

Epiglottis berbentuk seperti tanduk sepatu, menonjol lebih tinggi dari glottis dan membentuk penutup di atasnya. Epiglottis terdiri dari tulang rawan elastis. Selama proses menelan, larynx akan terangkat dan epiglottis terlipat menutupi glottis, mencegah cairan dan makanan memasuki larynx (Martini, 2012). Tiga pasang cartilago kecil terletak tepat di atas cartilago cricoid di bagian posterior laring yaitu cartilago arytenoid, cartilago corniculata dan cartilago cuneiforme (gambar 11.6) (Marrieb, 2012)

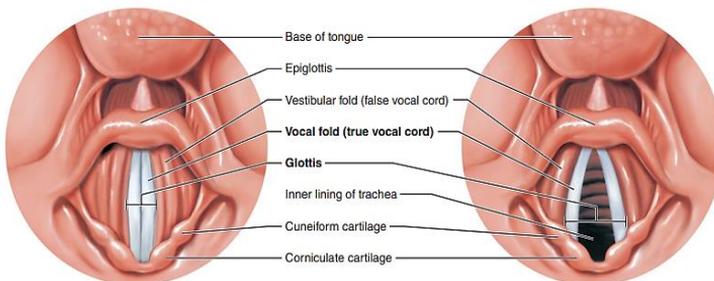


Gambar 11. 6. Larynx dilihat dari Medial

Masuknya benda apapun selain udara ke dalam larynx akan memicu refleks batuk, yang mengeluarkan zat tersebut dan mencegahnya masuk lebih lanjut ke dalam paru. Meski posisi larynx yang rendah membuat kita lebih rentan tersedak, namun hal ini penting bagi kemampuan manusia untuk berbicara. Letaknya yang lebih rendah memungkinkan pergerakan lidah dalam membentuk suara, dan pharynx yang sangat panjang bertindak sebagai ruang resonansi untuk berbicara, hal ini sangat mempengaruhi kualitas suara vokalisasi yang kita hasilkan (Marieb, 2012)

Didalam larynx terdapat sepasang lipatan yang disebut plica vocalis dan plica vestibularis. Plica vocalis adalah lipatan yang bergerak di tiap sisi larynx dan berfungsi untuk menghasilkan vokalisasi. Plica vocalis ini terbentuk dari membran mukosa yang melapisi ligamentum vocalis, bersifat avaskular, sehingga warnanya putih. Plica vestibularis adalah lipatan yang tertanam pada tiap sisi larynx. Plica ini terbentuk dari membran mukosa yang melapisi ligamnetum vestibularis dan mempunyai vaskularisasi sehingga warnanya kemerahan. Celah diantara plica vocalis disebut rima glottidis atau glottis (Snell, 2012)

Sewaktu kita bernapas, plica vocalis tertahan di sisi glottis, menyebabkan udara masuk dan keluar melintasi larynx dengan bebas (gambar 11.7). Selama proses berbicara, otot-otot intrinsik dari larynx menarik plica vocalis melintasi glottis, dan udara yang dikeluarkan menggetarkan pita suara untuk menghasilkan suara yang dapat diubah menjadi vokalisasi. (Scanlon, 2007)

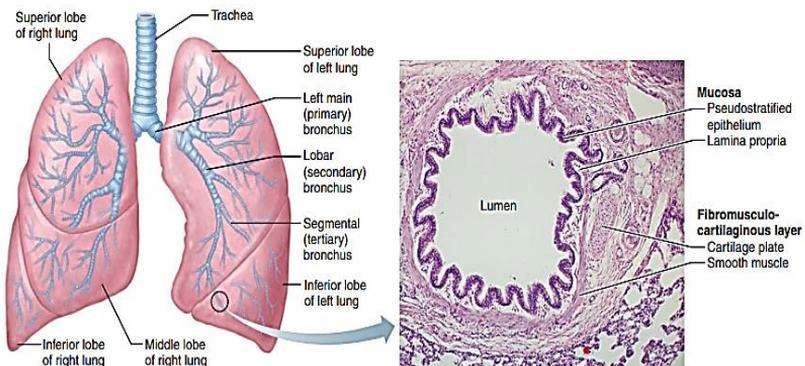


Gambar 11. 7. Plica Vocalis dan Plica Vestibularis

3. Trachea dan Bronchus

Trachea merupakan sebuah saluran dengan panjang 10-13 cm, namun saat inspirasi dalam dapat bertambah panjang mencapai 15-18 cm karena sifatnya yang elastis. Trachea dibedakan menjadi dua bagian yaitu pars cervicalis (leher) dan pars thoracica (dada). Pada bagian depan (anterior) dan di kedua sisi pars cervicalis trakea terdapat sepasang glandula thyroïd (kelenjar gondok)

Trachea mempunyai 16-20 tulang rawan trachea, yang berfungsi untuk menjaga dinding trakea agar tetap terbuka dan melindungi jalan napas. Tulang rawan tersebut juga mencegahnya agar tidak colaps pada saat perubahan tekanan dalam sistem pernapasan. Tulang rawan trachea berbentuk tapal kuda (Waschke, 2018). Struktur tulang rawan trachea juga menyerupai huruf C dengan bagian C yang tertutup di anterior melindungi permukaan anterior dan lateral trakea, dan bagian C yang terbuka di posterior mengarah ke esophagus, hal ini menyebabkan kita dapat menelan makanan dengan ukuran yang agak besar tanpa mendorong trachea ke depan. Trakea berjalan dari vertebra C6 dalam perlekatan ligamen pada tulang rawan krikoid dan berakhir di mediastinum, setinggi vertebra T5, dimana akan bercabang membentuk bronkus principalis kanan dan kiri.



Gambar 11. 8. Trachea dan *Bronchial Tree*

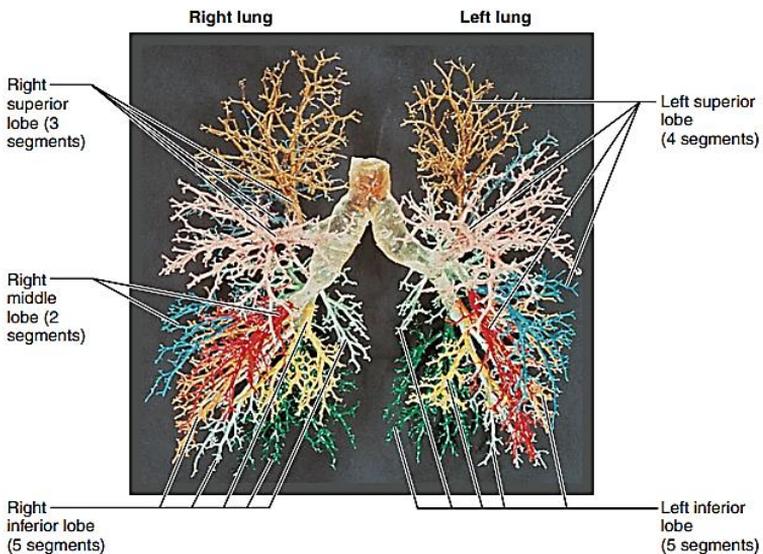
Beberapa kondisi obstruksi pernapasan terjadi di trachea. Cincin tracheal yang menjadi penyangga trachea ketika terjadi trauma, membran mukosa mengalami peradangan dan membengkak, sehingga akan menyumbat jalan napas, sekret yang terbentuk akibat dari proses peradangan akan menyumbat jalan napas yang letaknya lebih rendah dari trachea. Jika hal itu terjadi maka ada dua cara yang dapat dilakukan untuk membebaskan obstruksi jalan napas. Cara yang pertama adalah intubasi dengan memasukkan tube/selang pada saluran pernapasan, dimulai dari mulut sampai dengan trachea. Cara lain yaitu tracheostomi, metode ini dilakukan jika terdapat sumbatan jalan napas yang lebih tinggi dari trachea misalnya pada oedem laring. Pada tracheostomi, dilakukan insisi longitudinal pada trachea, inferior dari cartilago cricoid. Selang trachea kemudian dimasukkan ke dalam jalan napas tersebut (Tortora, 2012)

Bronchus principalis dan seluruh cabangnya akan membentuk seperti pohon dan ranting yang disebut pohon bronkial (*bronchial tree*) (gambar 11.8). Karena bronchus principalis kiri dan kanan berada di luar paru, maka bronchus tersebut disebut bronchus ekstrapulmonal. Saat bronchus principalis memasuki paru, bronchus tersebut bercabang membentuk saluran dengan diameter lumen yang lebih kecil. Bronchus yang lebih kecil ini disebut bronchus sekunder (bronchus lobaris). Bronchus lobaris ini berada di dalam paru sehingga disebut bronkus intrapulmoner. Di setiap paru, satu bronchus lobaris menuju ke setiap lobus, tiga bronchus lobaris untuk paru kanan, dan dua bronkus lobaris untuk paru kiri. Di setiap paru, bronchus lobaris akan bercabang membentuk bronchus tersier (bronkus segmentalis).

Percabangan antara kedua paru berbeda, tetapi masing-masing bronchus segmentalis pada akhirnya akan menyuplai udara untuk satu segmen bronchopulmoner. Paru kanan mempunyai 10 segmen bronchopulmoner. Paru-paru

kiri juga mempunyai 10 segmen, tetapi pada perkembangnya bronchus principalis yang berdekatan menyatu, sehingga jumlahnya berkurang menjadi delapan (empat bronchus segmentalis pada lobus superior dan empat bronchus segmentalis pada lobus inferior). Bronchus segmentalis dapat dilihat pada gambar 11. 9 (Martini, 2012).

Masing-masing lobus, yang berisi sejumlah segmen bronchopulmoner dipisahkan satu sama lain oleh suatu sekat tipis jaringan ikat padat. Setiap segmen akan menerima suplai udara dari bronchus segmentalis.



Gambar 11. 9. Bronchus Tersier (Bronchus Segmentalis)

Arti klinis dari segmen bronchopulmonalis ini sangat penting karena segmen ini membatasi penyebaran beberapa penyakit paru. Infeksi yang berada di dalam paru tidak mudah melintasi sekat jaringan ikat di antara segmen tersebut. Partisi ini hanya dapat dijangkau oleh pembuluh darah kecil, hal ini memungkinkan dokter bedah untuk mengangkat segmen dengan baik (pada kasus tumor paru) tanpa memotong pembuluh darah besar yang ada (Marieb, 2012)

Reseksi segmental dilakukan pada kasus kanker dengan metastasis paru. Dokter akan mereseksi (mengambil) beberapa segmen paru saja yang terkena tanpa mengorbankan fungsi bagian paru yang lain. Tetapi pada kasus tumor paru (karsinoma bronchus), maka yang direseksi adalah seluruh lobus yang terkena (Waschke, 2018)

4. Bronchiolus, Lobulus, dan Alveoli

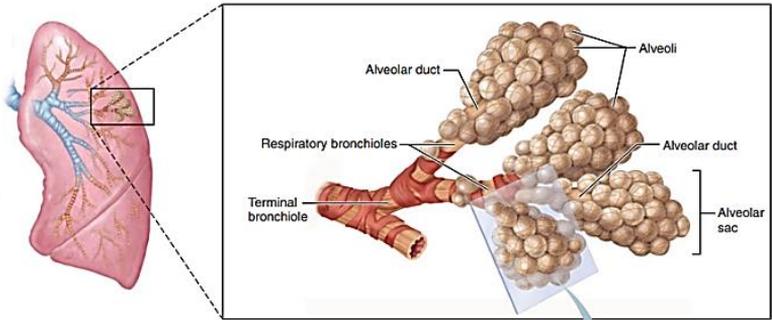
Setiap bronchus segmentalis akan bercabang menjadi bronchiolus dalam satu segmen bronkopulmoner. Bronchiolus-bronchiolus akan bercabang menjadi 6500 bronkiolus terminalis pada tiap bronkus, terlihat pada gambar 11.10. Bronchiolus tidak memiliki tulang rawan. Bronchiolus memiliki dinding yang sebagian besar dibentuk oleh otot polos.

Otot polos ini aktivitasnya diatur oleh sistem saraf otonom. Ketika sistem saraf simpatis teraktivasi maka akan terjadi bronchodilatasi (pelebaran lumen bronchus), sebaliknya ketika sistem saraf parasimpatis terstimulasi maka akan terjadi bronkokonstriksi (penyempitan lumen bronchus).

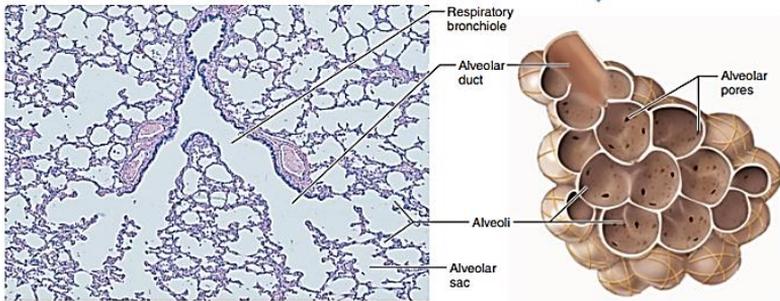
Bronchokonstriksi juga dapat terjadi pada orang yang mengalami alergi seperti anafilaksis, karena respons terhadap histamin yang dikeluarkan oleh tubuh. Hal serupa juga terjadi pada penderita asma yang mengalami hambatan aliran udara sepanjang bronchiolus terminal dan menyebabkan sesak napas.

Setiap bronkiolus terminal akan menyuplai udara ke satu lobulus paru. Di dalam lobulus, bronkiolus terminal akan bercabang membentuk beberapa bronkiolus respiratorius. Bronkiolus respiratorius adalah cabang paling tipis dan halus dari pohon bronkial, mengantarkan udara ke permukaan alveoli. Udara yang masuk keluar dari bronkiolus terminal sebelumnya sudah difiltrasi dan dilembabkan. Pada mukosa bronchiolus terminal dan respiratorius memiliki silia yang tersebar dan tidak ada sel mukosa atau kelenjar mukosa di bawahnya. Jika udara yang

masuk mengandung partikulat atau sesuatu yang patogen, maka rusaknya permukaan difusi tidak dapat dicegah lagi.



(a)

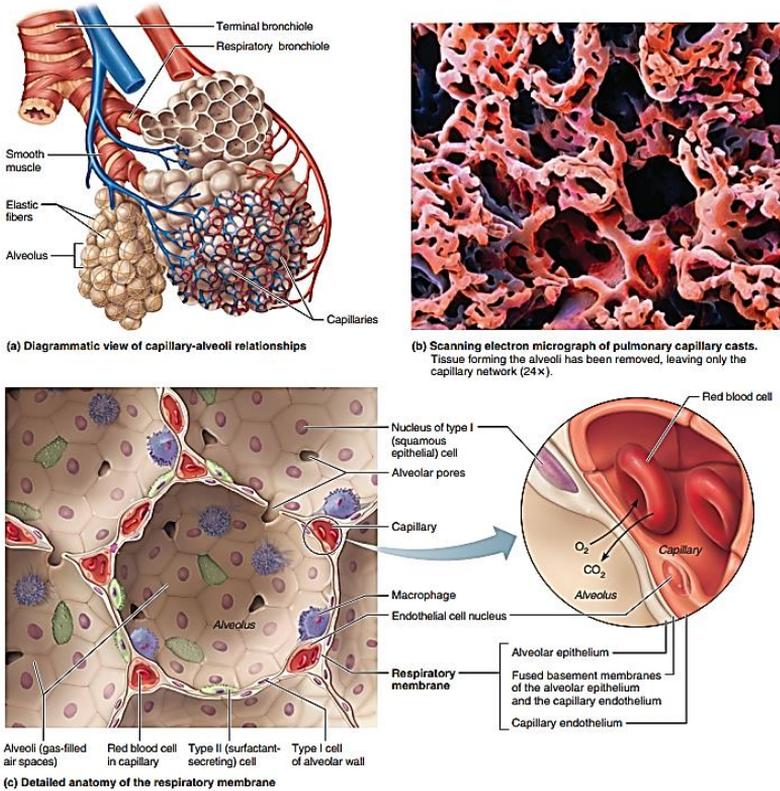


(b)

Gambar 11. 10. Bronchus Terminalis dan Percabangannya

Bronkiolus respiratorius akan bercabang membentuk ductus alveolaris. Ductus alveolaris berakhir di saccus alveolaris, ruangan yang terhubung ke beberapa alveoli paru. Sekitar 150 juta alveoli terbentuk di setiap paru. Alveoli tersebut membuat paru terasa berongga dan kenyal. Setiap alveoli berhubungan dengan jaringan pembuluh darah kapiler yang luas yang dikelilingi oleh serat elastis yang membantu mempertahankan posisi alveolus dan bronchiolus respiratorius (gambar 11.11). Pada saat serat-serat ini kolaps saat bernapas, ukuran alveoli akan berkurang sehingga udara akan terdorong keluar dari paru. Pada alveoli terdapat sel penumosit tipe I dan II. Penumosit tipe II disebut sel septal menghasilkan surfaktan, surfaktan adalah suatu sekret berminyak yang mengandung fosfolipi dan protein yang

mencegah alveoli kolaps saat ekspirasi. (Martini, 2012)



Gambar 11. 11. Kapiler Alveoli yang Memungkinkan Proses Difusi

C. Fungsi Sistem Pernapasan

Sistem pernapasan mempunyai lima fungsi dasar yaitu:

1. Memberikan area permukaan yang luas untuk proses difusi antara udara dan sirkulasi darah. Sistem pernapasan akan mengambil oksigen dari udara untuk nantinya akan digunakan untuk respirasi aerob di sel. Oksigen akan digunakan untuk menghasilkan ATP, dan karbondioksida. Organ-organ respirasi akan memfasilitasi proses difusi, organ tersebut termasuk hidung, cavum oris, faring, laring, trachea, bronchus, dan paru. Paru akan dibagi menjadi lima lobus. Tiga lobus di paru kanan dan 2 lobus di paru kiri. Tiap

lobus terbentuk dari banyak alveoli, yang merupakan tempat pertukaran udara respirasi. Di dalam alveoli terjadi perpindahan gas-gas ke dalam arteriole-arteriole. (Haddad, 2023)

2. Menggerakkan udara dari luar ke alveoli, dan dari alveoli keluar paru. Hal ini berhubungan dengan mekanisme pernafasan. Udara akan bergerak dari tekanan yang tinggi ke tekanan yang rendah. Saat otot-otot interkostalis eksternus dan diafragma kontraksi maka paru akan mengembang dan tekanan dalam paru akan lebih rendah dari tekanan di luar tubuh sehingga udara akan masuk ke dalam saluran pernafasan. Setelah itu otot-otot pernafasan tadi akan mengalami relaksasi dan membuat tekanan dalam paru akan lebih tinggi, maka udara dalam paru akan bergerak ke luar tubuh. (Martini, 2012)
3. Melindungi permukaan saluran pernafasan dari dehidrasi, perubahan suhu, atau variasi lingkungan lainnya, dan melindungi sistem pernafasan. Saluran pernafasan bekerja dengan menyaring, menghangatkan, dan melembabkan udara yang masuk, melindungi permukaan mukosa yang lebih halus pada sistem pernafasan bagian bawah. Di sisi yang lain saluran tersebut juga berfungsi mendinginkan kembali dan menghilangkan kelembapan udara saat ekspirasi. (Marieb, 2012)
4. Menghasilkan suara untuk berbicara. Fungsi dari sistem respirasi ini diambil alih oleh laring. Laring adalah sphincter canggih yang dapat berfungsi untuk menyalurkan udara dari faring ke trachea, tetapi juga mempunyai mekanisme untuk menghasilkan suara. Saat fonasi cartilago arythenoid dan plica vocalis menjauh (adduksi) dan udara terdorong melalui rima glottidis yang tertutup. Gerakan ini menyebabkan plica vocalis bergetar satu sama lainnya dan menghasilkan suara. Selanjutnya suara tersebut termodifikasi oleh saluran napas bagian atas dan cavitas oris. Tegangan pada plica vocalis dapat disesuaikan oleh muscoli vocalis dan cricothyroideus (Drake, 2014)

5. Memfasilitasi pendeteksian bau oleh reseptor penciuman di bagian superior rongga hidung. (Martini, 2012). Pada cavum nasi terdapat reseptor olfactorius yang berada di epitel olfactorius, melewati lamina cribosa dari untuk melakukan sinaps pada bulbus olfactorius. Serat saraf akan meluas ke posterior yang nantinya sinyal dari bau-bauan akan dibawa ke otak untuk diinterpretasikan (Snell, 2012)

DAFTAR PUSTAKA

- Marieb, EN, Wilhelm PB, Mallat J. (2012) *Human Anatomy*. San Fransisco: Pierson.
- Martini FH, Nath JL, Bartholomew EF. (2012) *Fundamentals of anatomy & physiology*. San Fransisco: Pearson.
- Waschke J, Bokers TM, Paulsen F. (2018) *Buku Ajar Anatomi Sobotta*. Editor by Gunardi. S, Liem IK: Elsevier
- Schunke M, Sculte E, Schumacher U. (2016). *Atlas Anatomi Manusia Prometheus*. Alih bahasa: Santoso BWA, Wanandi SI. EGC
- Snell RS. (2012). *Clinical Anatomy By Region*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins
- Scanlon VC and Sanders T. (2007) *Essential of Anatomy and Physiology*. Philadelphia: FA Davis Company
- Tortora GJ and Derrickson B. (2012) *Principles of Anatomy and Physiology*. John Wiley & Sons, Inc
- Haddad M and Sharma S. (2024). *Physiology, Lung*: StatPearls Publishing
- Drake RL, Vogl AW, Mitchell AWM. (2014) *Gray's Basic Anatomy*. Elsevier.