

**DIKTAT KEPERAWATAN : BIOSCIENCE
ANATOMI DAN FISILOGI
SISTEM RESPIRASI**



PENULIS:
Rafi Achmad Rukhama, S.Kep., Ns., M.N.Sc

**PROGRAM STUDI ILMU KEPERAWATAN
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS ALMA ATA
2025**

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga diktat mengenai Sistem Respirasi: Anatomi dan Fisiologi ini dapat disusun dengan baik. Diktat ini disusun sebagai salah satu media pembelajaran yang bertujuan membantu mahasiswa keperawatan memahami secara mendalam struktur dan fungsi sistem pernapasan, termasuk mekanisme ventilasi, pertukaran gas, kontrol pernapasan, perfusi, serta gangguan yang dapat terjadi pada sistem respirasi.

Sistem pernapasan merupakan salah satu sistem vital dalam tubuh manusia, karena bertanggung jawab dalam penyediaan oksigen untuk seluruh sel tubuh dan pengeluaran karbon dioksida, produk sisa metabolisme seluler. Oleh karena itu, pemahaman tentang anatomi dan fisiologi sistem respirasi sangat penting bagi mahasiswa keperawatan untuk membangun dasar pengetahuan klinis yang kuat. Dengan menguasai materi ini, mahasiswa diharapkan mampu mengaitkan struktur anatomi dengan fungsi fisiologis, mengenali tanda-tanda awal gangguan pernapasan, serta memahami mekanisme kompensasi tubuh ketika terjadi kelainan, sehingga dapat merencanakan tindakan intervensi keperawatan yang tepat.

Diktat ini disusun dengan bahasa yang mudah dipahami, disertai ilustrasi anatomi, serta latihan soal untuk membantu mahasiswa mengevaluasi pemahaman mereka terhadap materi. Selain itu, diktat ini juga menekankan keterkaitan antara teori dan praktik keperawatan, sehingga mahasiswa tidak hanya memahami konsep secara akademik tetapi juga dapat mengaplikasikannya dalam konteks klinis.

Penulis menyadari bahwa penyusunan diktat ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik, saran, dan masukan dari pembaca sangat penulis harapkan demi perbaikan dan penyempurnaan materi di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap diktat ini dapat memberikan manfaat maksimal bagi mahasiswa, dosen, dan tenaga kesehatan yang menggunakan sebagai referensi pembelajaran, serta menjadi sumber ilmu yang dapat menunjang kompetensi akademik maupun praktik profesional di bidang keperawatan.

Yogyakarta, Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PRAKATA	2
DAFTAR ISI	3
BAB 1 PENDAHULUAN	4
A. SISTEM RESPIRASI	4
B. TUJUAN PEMBELAJARAN	5
BAB 2 ANATOMI SISTEM RESPIRASI	7
SUSUNAN SISTEM RESPIRASI	7
1. Hidung, Rongga Hidung, dan Sinus Paranasal	8
2. Laring (Larynx)	10
3. Trakea (Trachea)	11
4. Bronkus dan Bronkiolus (Bronchi and Bronchioles)	12
5. Alveolus (Alveoli)	13
6. Paru-Paru (Lungs)	14
BAB 3 FISILOGI SISTEM RESPIRASI	18
FISILOGI SISTEM PERNAPASAN	18
1. Ventilasi dan Mekanika Pernapasan	18
2. Kontrol Pernapasan (Control of Breathing)	20
3. Pertukaran Gas (Gas Exchange)	20
4. Perfusi (Perfusion)	21
5. Hipoksia (Hypoxia)	21
BAB 4	24
PENUTUP	24

BAB 1

PENDAHULUAN

A. SISTEM RESPIRASI

Sistem pernapasan merupakan salah satu sistem vital dalam tubuh manusia yang berfungsi mempertahankan kehidupan melalui proses pertukaran gas. Oksigen (O_2) dibutuhkan oleh sel untuk menjalankan metabolisme dan menghasilkan energi dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP). Tanpa pasokan oksigen, sel tubuh hanya mampu bertahan beberapa menit sebelum mengalami kerusakan permanen. Di sisi lain, metabolisme sel menghasilkan karbondioksida (CO_2) yang bersifat toksik apabila menumpuk dalam darah. Oleh karena itu, sistem pernapasan berperan penting dalam menjaga homeostasis dengan memastikan suplai oksigen tercukupi dan pembuangan karbondioksida berjalan optimal.

Secara definisi, sistem pernapasan adalah sekumpulan organ dan struktur yang bekerja secara terpadu untuk menyalurkan udara dari lingkungan luar ke alveolus paru, melakukan pertukaran gas antara alveolus dengan darah, serta menyediakan oksigen untuk metabolisme seluler dan membuang karbondioksida dari jaringan. Struktur sistem ini terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu saluran pernapasan konduktif dan saluran pernapasan respiratorik. Saluran pernapasan konduktif terdiri atas hidung, faring, laring, trakea, bronkus, hingga bronkiolus, yang berfungsi sebagai jalan udara sekaligus penyaring, penghangat, dan pelembap. Adapun saluran pernapasan respiratorik mencakup bronkiolus respiratorius, duktus alveolaris, dan alveoli sebagai tempat pertukaran gas.

Fungsi utama sistem pernapasan adalah pertukaran gas, yakni mengambil oksigen dari atmosfer ke dalam darah dan mengeluarkan karbondioksida dari darah ke atmosfer. Selain itu, sistem ini memiliki fungsi tambahan yang tak kalah penting. Sistem pernapasan membantu mengatur keseimbangan asam-basa tubuh melalui pengendalian kadar CO_2 dalam darah yang berkaitan erat dengan konsentrasi ion hidrogen (H^+). Organ pernapasan juga berperan dalam produksi suara (fonasi), di mana laring berfungsi sebagai organ fonatoris yang memungkinkan manusia berbicara dan bernyanyi. Dari sisi pertahanan tubuh, mukus, silia, refleks batuk dan bersin, serta makrofag alveolar menjadi mekanisme proteksi untuk mencegah masuknya partikel asing, debu, dan mikroorganisme. Selain itu, rongga hidung berfungsi mengatur suhu dan kelembapan udara sebelum masuk ke paru, sementara paru-paru sendiri juga dapat bertindak sebagai reservoir darah.

Secara fisiologis, proses pernapasan terdiri atas tiga tahapan utama. Pertama, ventilasi pulmoner yaitu proses keluar masuknya udara dari atmosfer ke alveolus melalui mekanisme inspirasi dan ekspirasi. Kedua, respirasi eksternal yaitu pertukaran gas oksigen dan karbondioksida antara alveolus dengan kapiler paru. Ketiga, respirasi internal atau respirasi jaringan, yaitu pertukaran gas antara darah dengan sel-sel tubuh. Ketiga proses ini berlangsung secara terus-menerus untuk menjaga kelangsungan metabolisme seluler.

Sistem pernapasan tidak bekerja secara terpisah, melainkan berhubungan erat dengan sistem tubuh lainnya. Sistem kardiovaskular bertugas mengangkut oksigen dan karbondioksida dalam darah, sedangkan sistem saraf mengatur irama serta frekuensi napas melalui pusat pernapasan di medula oblongata dan pons. Otot-otot pernapasan yang termasuk dalam sistem muskuloskeletal, seperti diafragma dan otot interkostal, berperan dalam perubahan volume rongga toraks selama ventilasi. Sementara itu, sistem imun turut menjaga agar agen patogen yang masuk melalui udara dapat segera dieliminasi. Dengan demikian, sistem pernapasan merupakan jaringan yang kompleks, saling terintegrasi, dan vital bagi keberlangsungan hidup manusia.

B. TUJUAN PEMBELAJARAN

Pada bab ini, Anda diajak untuk mempelajari secara menyeluruh tentang anatomi dan fisiologi sistem pernapasan, mulai dari struktur saluran pernapasan, paru-paru, dan otot pernapasan, hingga mekanisme fisiologi yang meliputi ventilasi, pertukaran gas, transportasi gas, serta regulasi pernapasan. Harapannya, setelah mempelajari materi ini, Anda dapat memahami dengan baik fungsi dan peran sistem pernapasan dalam menjaga homeostasis tubuh.

Secara khusus, kompetensi yang akan dicapai setelah mempelajari bab ini adalah Anda mampu menjelaskan:

1. Struktur dan susunan organ-organ sistem pernapasan.
2. Mekanisme ventilasi paru (inspirasi dan ekspirasi).
3. Proses pertukaran gas di alveolus dan jaringan tubuh.
4. Cara transportasi oksigen dan karbondioksida dalam darah.
5. Mekanisme pengaturan pernapasan oleh sistem saraf dan faktor-faktor yang memengaruhinya.
6. Gangguan atau kelainan yang dapat terjadi pada sistem pernapasan.

Para mahasiswa yang berbahagia, proses pembelajaran tentang sistem pernapasan ini akan berjalan lebih efektif apabila Anda mengikuti langkah-langkah belajar berikut:

1. Bacalah materi pada setiap topik secara cermat dan berurutan.
2. Lengkapi pemahaman Anda dengan membaca referensi lain yang relevan, baik dari buku teks maupun sumber daring yang terpercaya.

3. Kerjakan latihan dan tugas yang telah disediakan, kemudian diskusikan hasilnya dengan fasilitator atau teman sekelompok.

BAB 2

ANATOMI SISTEM RESPIRASI

SUSUNAN SISTEM RESPIRASI

Sistem respirasi manusia terdiri atas organ-organ yang bekerja secara terpadu untuk memastikan terjadinya proses pertukaran gas oksigen dan karbondioksida. Secara umum, sistem ini dapat dibagi menjadi saluran pernapasan konduktif dan saluran pernapasan respiratorik. Saluran konduktif berfungsi sebagai jalur keluar-masuk udara, sekaligus melakukan penyaringan, penghangatan, dan pelembapan udara sebelum mencapai paru-paru. Sementara itu, saluran respiratorik merupakan bagian akhir dari sistem pernapasan yang berfungsi sebagai tempat utama pertukaran gas.

Saluran pernapasan bagian atas terdiri atas hidung dan rongga hidung, sinus paranasal, serta faring. Hidung berfungsi sebagai jalan utama udara masuk sekaligus melakukan proses filtrasi, penghangatan, dan pelembapan udara. Sinus paranasal berperan dalam meringankan tulang tengkorak serta membantu resonansi suara, sedangkan faring merupakan jalur bersama antara sistem pernapasan dan sistem pencernaan. Saluran pernapasan bagian bawah terdiri dari laring, trakea, bronkus, hingga bronkiolus. Laring selain berfungsi sebagai penghubung faring dengan trakea juga berperan dalam produksi suara dan mencegah masuknya makanan ke saluran napas. Trakea berbentuk tabung dengan cincin tulang rawan yang menjaga agar saluran tetap terbuka, yang kemudian bercabang menjadi bronkus kanan dan kiri menuju paru-paru. Dari bronkus, cabang-cabang lebih kecil membentuk bronkiolus yang akhirnya bermuara pada bronkiolus respiratorius, duktus alveolaris, dan alveolus sebagai tempat pertukaran gas berlangsung.

Organ utama respirasi adalah paru-paru, yang terdiri atas paru kanan dengan tiga lobus dan paru kiri dengan dua lobus. Paru-paru dilapisi oleh pleura, yaitu pleura viseralis yang menempel pada jaringan paru dan pleura parietalis yang melekat pada dinding rongga toraks. Di antara keduanya terdapat rongga pleura yang berisi sedikit cairan untuk mengurangi gesekan saat proses pernapasan berlangsung. Selain organ tersebut, sistem respirasi juga didukung oleh otot-otot pernapasan. Diafragma merupakan otot utama yang berperan penting dalam proses inspirasi, sedangkan otot interkostal eksternal membantu mengangkat tulang rusuk. Pada kondisi tertentu, terutama saat aktivitas fisik atau pernapasan dalam, otot interkostal internal, sternokleidomastoideus, serta otot-otot abdomen juga ikut berperan.

Dengan susunan yang kompleks ini, sistem respirasi tidak hanya berfungsi sebagai jalur keluar-masuk udara, tetapi juga sebagai mekanisme vital yang menjaga homeostasis tubuh, mulai

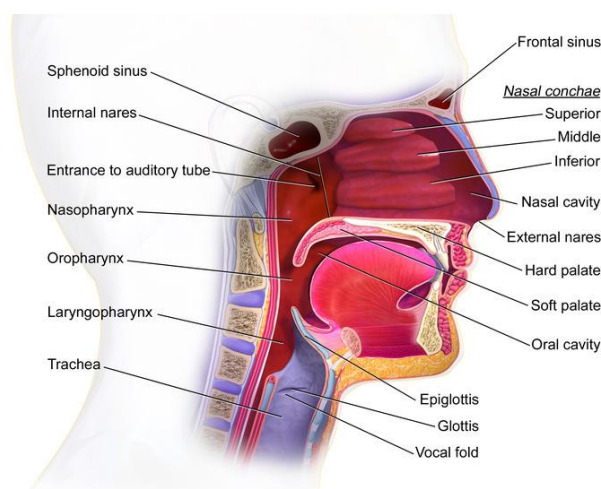
dari penyediaan oksigen, pembuangan karbondioksida, hingga perlindungan terhadap partikel asing dan mikroorganisme yang terhirup bersama udara.

1. Hidung, Rongga Hidung, dan Sinus Paranasal

Sistem pernapasan bagian atas terdiri dari hidung, rongga hidung, sinus paranasal, faring, dan laring. Organ-organ ini berfungsi sebagai jalur awal masuk dan keluarnya udara, serta berperan dalam proses penyaringan, penghangatan, pelembapan udara, dan pertahanan tubuh terhadap partikel asing maupun mikroorganisme. Infeksi pada salah satu atau beberapa struktur ini dikenal sebagai infeksi saluran pernapasan atas (ISPA), yang umumnya disebabkan oleh virus dan sering terjadi pada masyarakat.

Pintu utama keluar masuk udara pada sistem pernapasan adalah hidung. Lubang hidung atau nares merupakan pintu masuk udara menuju rongga hidung. Permukaan bagian dalam nares dan rongga hidung dilapisi oleh membran mukosa yang mengandung kelenjar sebacea serta folikel rambut. Rambut hidung berfungsi menyaring partikel kasar seperti debu, sedangkan membran mukosa menghasilkan lendir (mukus) yang melindungi jaringan dan menjaga kelembapannya. Mukus ini juga mampu menjebak mikroorganisme serta partikel asing agar tidak masuk lebih jauh ke saluran pernapasan. Secara medis, akar kata untuk hidung adalah *rhin*. Istilah ini digunakan dalam berbagai terminologi kedokteran, misalnya *rhinorrhagia* atau *epistaksis* yang berarti perdarahan hidung, *rhinitis* yang berarti peradangan mukosa hidung, serta *rhinorrhea* yang menggambarkan kondisi hidung berair akibat produksi mukus berlebih.

Rongga hidung terbagi menjadi dua bagian, kiri dan kanan, yang dipisahkan oleh septum nasi. Lantai rongga hidung dibentuk oleh palatum durum (langit-langit keras) dan palatum mole



The Upper Respiratory System

(langit-langit lunak). Seluruh rongga hidung dilapisi oleh membran mukosa yang berfungsi menghasilkan mukus untuk menjaga kelembapan, melindungi epitel, serta membantu proses filtrasi udara. Tepat di sekitar rongga hidung terdapat sinus paranasal, yaitu rongga-rongga berisi udara dalam tulang tengkorak yang berfungsi menghangatkan dan melembapkan udara inspirasi, mengurangi berat tulang wajah, serta berperan dalam resonansi suara. Sinus paranasal terdiri dari empat pasang, yaitu sinus frontal, maksilaris, sfenoidalis, dan etmoidalis. Peradangan pada sinus disebut sinusitis, yang sering ditandai dengan rasa nyeri di sekitar wajah dan hidung tersumbat. Udara dari rongga hidung dan sinus kemudian akan mengalir ke faring, masuk melalui mulut.

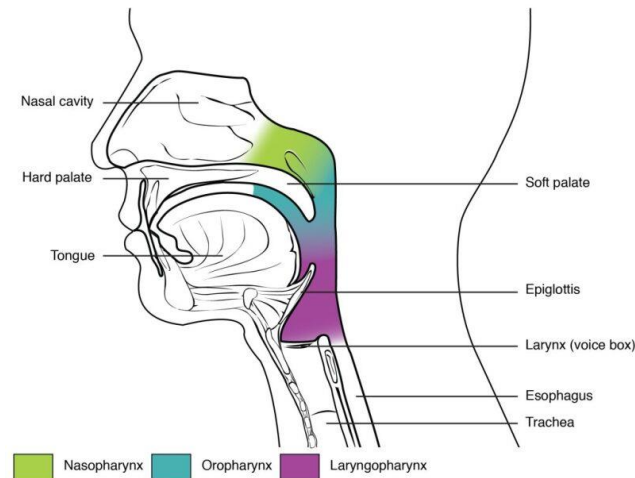
Gambar 1. The Upper Respiratory System
(Sumber: [Chapter 12 Digestive System Terminology](#), 2024)

Faring atau tenggorokan merupakan saluran muskular yang menjadi penghubung antara rongga hidung, rongga mulut, dan laring. Faring terbagi menjadi tiga bagian, yaitu nasofaring, orofaring, dan laringofaring.

Nasofaring terletak di bagian paling atas, di belakang rongga hidung. Pada bagian dinding posterior nasofaring terdapat tonsil faringeal atau adenoid, yaitu jaringan limfoid yang berfungsi menangkap dan menghancurkan patogen yang masuk bersama udara saat proses inspirasi. Peradangan faring dikenal dengan istilah pharyngitis, sedangkan peradangan tonsil disebut tonsillitis. Pada anak-anak, peradangan adenoid (adenoiditis) merupakan kondisi yang cukup sering terjadi, yang dapat menyebabkan gangguan pernapasan maupun bicara. Pada saat menelan, palatum mole dan uvula bergerak ke atas untuk menutup nasofaring, sehingga makanan tidak masuk ke rongga hidung. Nasofaring juga berhubungan dengan telinga tengah melalui tuba Eustachius, yang menjelaskan mengapa infeksi saluran pernapasan atas dapat menyebar ke telinga tengah dan menyebabkan otitis media, terutama pada anak-anak.

Orofaring terletak di bagian tengah faring, berbatasan dengan nasofaring di atas dan rongga mulut di depan. Pada orofaring terdapat dua pasang tonsil, yaitu tonsil palatina dan tonsil lingualis, yang berperan dalam sistem pertahanan tubuh dengan menangkap serta menghancurkan mikroorganisme yang masuk melalui mulut maupun hidung.

Laringofaring merupakan bagian terbawah faring yang terletak tepat di belakang laring. Bagian ini berfungsi sebagai jalur persimpangan antara saluran pernapasan dan saluran pencernaan. Dari laringofaring, udara diteruskan ke laring dan trakea, sementara makanan diarahkan ke esofagus. Mekanisme ini diatur oleh epiglottis, yaitu struktur berbentuk katup yang menutup saluran napas pada saat menelan agar makanan dan cairan tidak masuk ke trakea.



Gambar 2. Regions of the Pharynx
(Sumber: [Chapter 12 Digestive System Terminology](#), 2024)

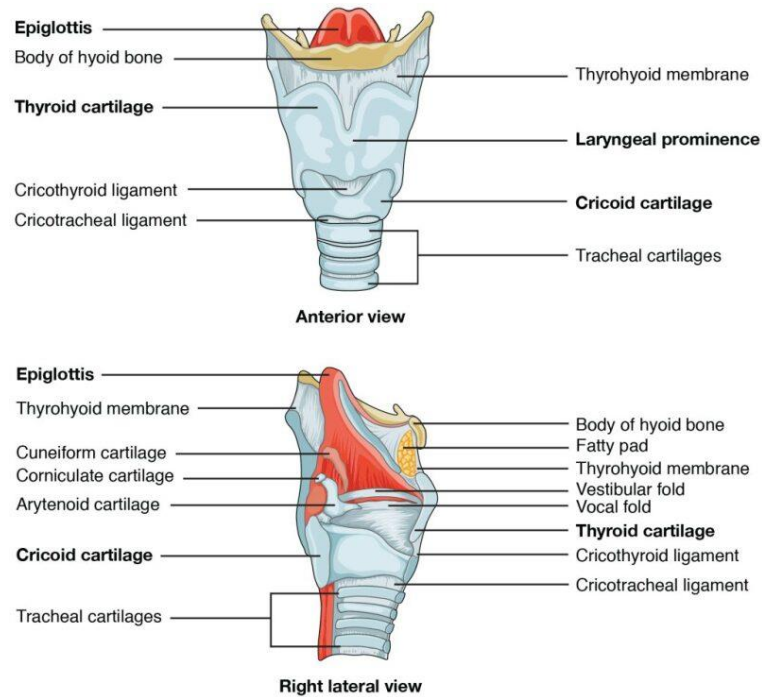
2. Laring (Larynx)

Laring (larynx) merupakan salah satu organ penting dalam sistem pernapasan yang terletak di antara faring dan trakea. Struktur laring dibentuk oleh beberapa tulang rawan yang berfungsi untuk menjaga kestabilan sekaligus memungkinkan terjadinya produksi suara. Tiga tulang rawan besar yang menyusun kerangka utama laring adalah kartilago tiroid (thyroid cartilage) yang menjadi bagian terbesar di sisi anterior dan dikenal juga sebagai “jakun”, epiglotis (epiglottis) yang berada di bagian atas laring, serta kartilago krikoid (cricoid cartilage) yang terletak tepat di bawah kartilago tiroid. Epiglotis berfungsi sebagai katup pelindung yang menutup jalan masuk ke trakea saat menelan, sehingga mencegah terjadinya aspirasi, yaitu masuknya makanan atau cairan ke dalam saluran pernapasan bawah. Saat proses menelan, laring akan bergerak ke atas, dan epiglotis secara otomatis menutup saluran udara agar makanan hanya masuk ke esofagus.

Selain berperan dalam proteksi, laring juga merupakan organ utama penghasil suara. Di dalamnya terdapat pita suara (vocal cords), yaitu lipatan membran putih yang meregang dari sisi ke sisi dan menempel pada tulang rawan laring melalui otot-otot kecil. Bagian tepi dalam pita suara dibiarkan bebas sehingga dapat bergetar saat aliran udara melewati celahnya. Getaran ini menghasilkan bunyi yang kemudian dimodifikasi oleh rongga mulut, lidah, dan bibir menjadi suara manusia. Gangguan pada pita suara atau peradangan laring dapat menimbulkan laringitis, yang ditandai dengan suara serak atau hilangnya suara disertai batuk. Sementara itu, istilah medis disfonia digunakan untuk menggambarkan kondisi kesulitan berbicara akibat gangguan pada pita suara atau saraf pengendaliannya.

Laring juga menjadi batas akhir dari saluran pernapasan atas sebelum berlanjut ke saluran pernapasan bawah. Setelah melewati laring, udara akan diteruskan ke trakea, bronkus, alveolus,

hingga mencapai paru-paru. Dengan demikian, laring tidak hanya berperan sebagai pintu pelindung jalan napas, tetapi juga sebagai organ penghasil suara yang penting dalam komunikasi manusia.



Gambar 3. Larynx
(Sumber: [Chapter 12 Digestive System Terminology](#), 2024)

3. Trakea (Trachea)

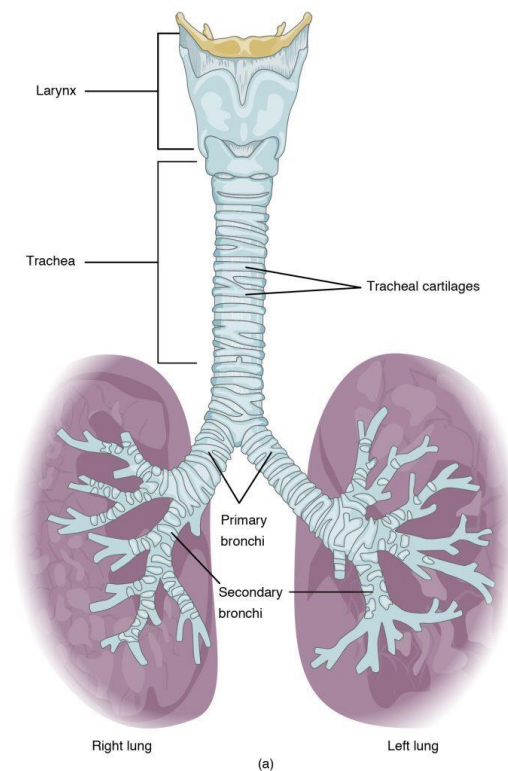
Trakea atau batang tenggorok merupakan saluran utama yang menghubungkan laring dengan bronkus dan paru-paru. Struktur trakea tersusun dari cincin tulang rawan berbentuk huruf “C” yang tersusun secara bertumpuk dan dihubungkan oleh jaringan ikat padat. Bagian cincin yang terbuka menghadap ke belakang dan ditutupi oleh jaringan otot polos serta jaringan ikat, sehingga memungkinkan trakea untuk sedikit meregang dan mengembang saat proses inspirasi maupun ekspirasi. Peran cincin tulang rawan ini sangat vital, yaitu memberikan penopang struktural agar dinding trakea tidak kolaps saat aliran udara berlangsung.

Permukaan bagian dalam trakea dilapisi oleh epitel bersilia dan sel-sel penghasil mukus. Silia berfungsi menyapu partikel debu, kotoran, maupun mikroorganisme yang terperangkap dalam lapisan mukus, sehingga dapat digerakkan kembali menuju faring untuk dikeluarkan melalui mekanisme batuk atau ditelan ke saluran pencernaan. Mekanisme ini dikenal dengan sebutan mukosilier clearance dan menjadi salah satu pertahanan utama sistem pernapasan terhadap benda asing.

Apabila saluran pernapasan atas tersumbat oleh lendir, peradangan, atau benda asing, aliran udara menuju paru-paru akan terhenti, dan kondisi ini dapat berakibat fatal. Untuk

mengatasi keadaan darurat tersebut, dilakukan tindakan medis yang disebut trakeostomi, yaitu prosedur pembedahan dengan membuat lubang pada dinding trakea untuk menciptakan jalan napas buatan. Tindakan ini bertujuan menyelamatkan pasien dengan memungkinkan udara tetap masuk ke paru-paru meskipun terdapat sumbatan pada jalan napas bagian atas.

Dengan demikian, trakea memiliki fungsi ganda: sebagai jalur utama pengaliran udara menuju paru-paru serta sebagai bagian dari sistem pertahanan tubuh terhadap partikel asing, sehingga keberadaannya sangat penting dalam menjaga kelancaran respirasi dan kesehatan sistem pernapasan secara keseluruhan.



Gambar 4. Trachea
(Sumber: [Chapter 12 Digestive System Terminology](#), 2024)

4. Bronkus dan Bronkiolus (Bronchi and Bronchioles)

Bronkus merupakan saluran utama yang berfungsi menyalurkan udara dari trakea menuju paru-paru. Pada bagian ujung trakea terdapat struktur yang disebut karina, yaitu tonjolan kecil yang sangat sensitif karena mengandung jaringan saraf khusus. Karina berperan penting sebagai mekanisme pertahanan, sebab ketika benda asing seperti makanan atau cairan masuk ke jalan napas, akan timbul refleks batuk keras untuk mengeluarkannya. Dari karina, trakea bercabang menjadi dua bronkus primer, yaitu bronkus kanan dan bronkus kiri, yang masing-masing menuju paru kanan dan paru kiri. Sama halnya dengan trakea, dinding bronkus diperkuat oleh cincin

tulang rawan yang mencegah kolaps saat proses inspirasi maupun ekspirasi.

Bronkus primer kemudian bercabang lagi menjadi bronkus sekunder dan bronkus tersier, hingga membentuk suatu percabangan kompleks yang menyerupai pohon, sehingga disebut sebagai pohon bronkial (bronchial tree). Cabang-cabang ini terus mengecil hingga berakhir pada struktur yang lebih halus, yaitu bronkiolus. Berbeda dengan bronkus, dinding bronkiolus tidak lagi memiliki cincin tulang rawan, melainkan hanya terdiri atas lapisan otot polos. Hal ini membuat bronkiolus mampu mengalami penyempitan maupun pelebaran lumen sesuai kebutuhan, sehingga berperan penting dalam mengatur jumlah udara yang masuk ke alveolus, tempat pertukaran gas terjadi.

Peradangan pada bronkus dikenal dengan istilah bronkitis, sedangkan penyempitan mendadak otot polos pada bronkus maupun bronkiolus disebut bronkospasme, kondisi yang sering ditemukan pada asma. Pemeriksaan medis menggunakan alat berupa selang berkamera untuk melihat langsung keadaan bronkus disebut bronkoskopi. Sama seperti trakea, bronkus dan bronkiolus dilapisi oleh membran mukosa yang menghasilkan mukus. Mukus ini berfungsi melindungi saluran napas dengan menangkap partikel debu, kotoran, atau mikroorganisme, yang kemudian dapat dikeluarkan dari tubuh dalam bentuk sputum atau dahak.

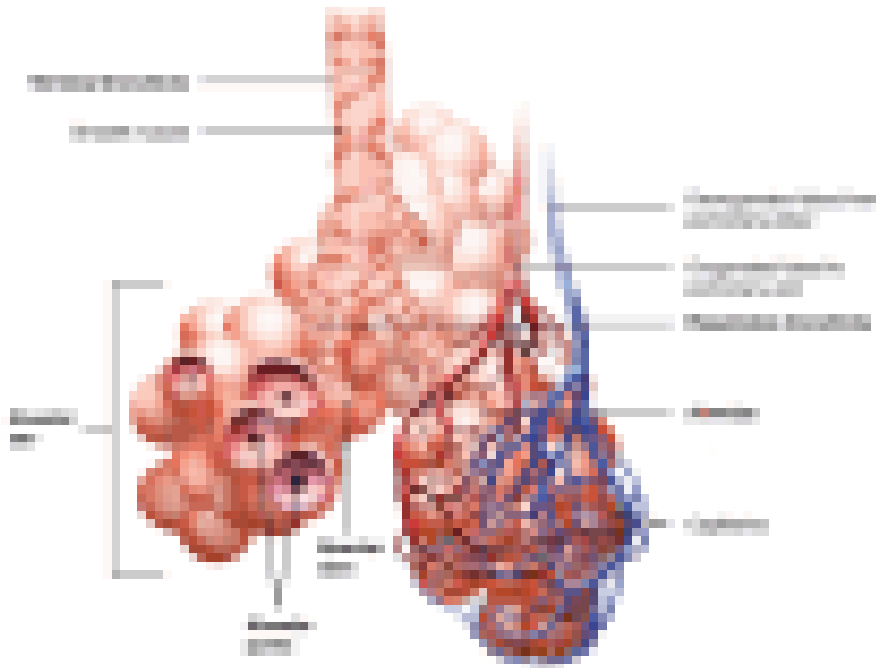
5. Alveolus (Alveoli)

Alveolus adalah struktur kecil berbentuk kantung menyerupai buah anggur yang menjadi tempat utama terjadinya pertukaran gas dalam sistem pernapasan. Udara yang masuk melalui trakea, bronkus, dan bronkiolus akhirnya berakhir di alveolus, di mana oksigen akan berdifusi masuk ke dalam darah dan karbon dioksida dikeluarkan dari darah ke alveolus untuk dibuang melalui ekspirasi. Setiap alveolus memiliki dinding tipis yang tersusun atas satu lapis sel epitel pipih (sel alveolar tipe I) dan dikelilingi oleh jaringan kapiler darah yang sangat rapat, sehingga memudahkan proses difusi gas secara efisien.

Dinding alveolus bersifat elastis, memungkinkan alveolus mengembang saat udara masuk dan kembali ke ukuran semula saat udara keluar. Selain itu, alveolus juga menghasilkan surfaktan, yaitu zat seperti cairan licin yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan alveolus sehingga mencegah dinding alveolus saling menempel saat proses ekspirasi. Tanpa surfaktan, alveolus akan lebih mudah kolaps, dan kondisi ini dikenal dengan istilah medis atelektasis, yaitu runtuhnya alveolus atau saluran udara kecil yang dapat menyebabkan sebagian paru-paru tidak dapat mengembang secara normal.

Secara keseluruhan, jumlah alveoli pada paru-paru manusia mencapai ratusan juta, sehingga menciptakan luas permukaan yang sangat besar untuk pertukaran gas—sekitar 70–100 m², hampir sebanding dengan luas lapangan tenis. Dengan demikian, alveolus merupakan

struktur vital yang memungkinkan tubuh mendapatkan oksigen secara cukup dan membuang karbon dioksida sebagai hasil metabolisme sel.



Gambar 5. Alveoli
(Sumber: [Chapter 12 Digestive System Terminology](#), 2024)

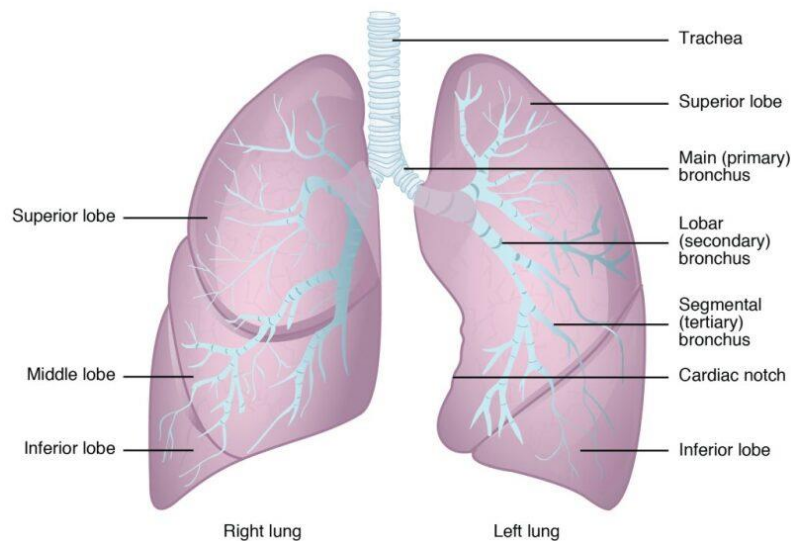
6. Paru-Paru (Lungs)

Paru-paru merupakan organ utama sistem pernapasan yang berfungsi sebagai tempat pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida. Paru-paru terhubung dengan trakea melalui bronkus primer kanan dan kiri, yang kemudian bercabang menjadi bronkus sekunder, tersier, hingga akhirnya menuju bronkiolus dan alveolus. Di bagian bawah, paru-paru berbatasan dengan diafragma, yaitu otot berbentuk kubah yang berperan penting dalam proses inspirasi dan ekspirasi. Paru kiri memiliki lekukan khas yang disebut insisura kardiaka (cardiac notch), yang memberikan ruang bagi jantung. Secara anatomi, bagian atas paru disebut apeks, sedangkan bagian bawah yang menempel pada diafragma disebut basis paru.

Setiap paru-paru terdiri atas unit yang lebih kecil yang disebut lobus. Paru kanan terbagi menjadi tiga lobus, yaitu lobus superior, lobus media, dan lobus inferior. Sementara itu, paru kiri hanya terdiri atas dua lobus, yaitu lobus superior dan inferior, karena sebagian ruangnya ditempati oleh jantung. Masing-masing lobus menerima percabangan bronkus besar beserta cabang-cabangnya. Dalam praktik klinis, tindakan lobektomi adalah prosedur pembedahan untuk mengangkat satu lobus paru, biasanya dilakukan pada kasus kanker paru atau kerusakan jaringan paru yang parah.

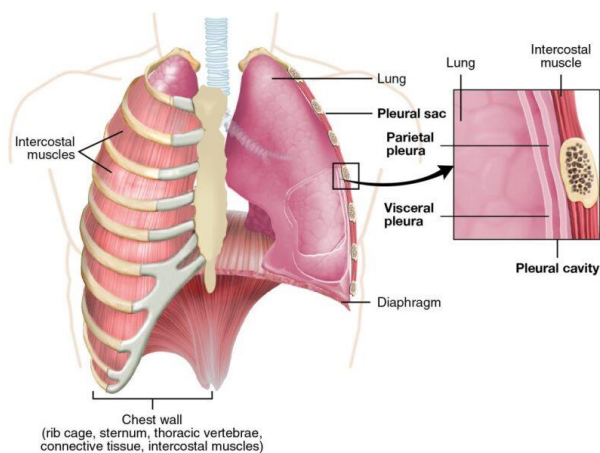
Paru-paru dilapisi oleh dua membran tipis yang disebut pleura. Pleura viseralis menempel langsung pada permukaan paru-paru, sedangkan pleura parietalis melapisi dinding dalam rongga toraks. Di antara keduanya terdapat rongga pleura (pleural cavity) yang berisi sedikit cairan pleura. Cairan ini berfungsi untuk mengurangi gesekan saat paru-paru mengembang dan mengempis, sekaligus menjaga paru-paru tetap melekat pada dinding dada sehingga tidak kolaps. Gangguan pada rongga pleura dapat menimbulkan kondisi medis, misalnya efusi pleura, yaitu penumpukan cairan berlebih di antara dua lapisan pleura akibat penyakit atau trauma.

Dengan struktur kompleks yang terdiri dari lobus, bronkus, alveolus, dan membran pleura, paru-paru bekerja sama dengan jaringan pernapasan lainnya untuk memastikan tubuh mendapatkan pasokan oksigen yang cukup serta membuang karbon dioksida secara efisien.



Gambar 6. Lungs

(Sumber: [Chapter 12 Digestive System Terminology](#), 2024)



Gambar 7. Pleural Cavity

(Sumber: [Chapter 12 Digestive System Terminology](#), 2024)

LATIHAN SOAL

Pilihan Ganda

1. Bagian saluran pernapasan yang berfungsi sebagai jalan masuk dan keluar udara adalah:
 - a. Trakea
 - b. Bronkus
 - c. Hidung
 - d. Alveolus
2. Struktur yang memisahkan rongga hidung kanan dan kiri disebut:
 - a. Septum nasal
 - b. Palatum molle
 - c. Karina
 - d. Epiglotis
3. Sinus paranasal berfungsi untuk:
 - a. Menghasilkan sel darah merah
 - b. Menghangatkan dan melembapkan udara yang masuk
 - c. Mengontrol laju pernapasan
 - d. Menyaring partikel besar dari makanan
4. Faring terdiri dari tiga bagian, kecuali:
 - a. Nasofaring
 - b. Orofaring
 - c. Laringofaring
 - d. Bronkofaring
5. Bagian laring yang menutup trakea saat menelan agar makanan tidak masuk ke saluran napas disebut:
 - a. Karina
 - b. Epiglotis
 - c. Vocal cords
 - d. Trakea
6. Bronkiolus berbeda dari bronkus karena:
 - a. Memiliki cincin tulang rawan lengkap
 - b. Tidak memiliki tulang rawan, hanya dinding otot polos
 - c. Tidak bercabang
 - d. Tidak berhubungan dengan alveolus
7. Alveolus memiliki fungsi utama:
 - a. Menghasilkan mukus
 - b. Tempat pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida
 - c. Menyaring udara dari debu
 - d. Menyimpan udara cadangan
8. Paru-paru kiri memiliki **dua lobus**, sedangkan paru-paru kanan memiliki:
 - a. Satu lobus
 - b. Dua lobus
 - c. Tiga lobus
 - d. Empat lobus

Isian Singkat

1. Saluran udara yang tersusun dari cincin tulang rawan berbentuk “C” dan menghubungkan laring ke bronkus adalah _____.
2. Membran tipis yang melapisi paru-paru dan dinding rongga toraks disebut _____ dan _____.
3. Struktur berbentuk kantung kecil di paru-paru tempat pertukaran gas disebut _____.
4. Tonjolan kecil pada ujung trakea yang memicu refleks batuk saat ada benda asing disebut _____.
5. Cairan licin yang dihasilkan alveolus untuk mencegah kolaps paru disebut _____.

Referensi

- Ernstmeyer K, Christman E, editors. *Medical Terminology* [Internet]. 2nd ed. Eau Claire (WI): Chippewa Valley Technical College; 2024. Chapter 4, Respiratory System Terminology. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK607438/>
- Blausen.com staff. (2014). *Blausen_0872_UpperRespiratorySystem.png* [Image]. CC BY 3.0.
- OpenStax. (n.d.). *Anatomy and physiology*. OpenStax. CC BY 4.0. <https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology/pages/1-introduction>
- OpenStax College. (n.d.). *2305_Divisions_of_the_Pharynx.jpg* [Image]. CC BY 3.0.
- OpenStax College. (n.d.). *2306_The_Larynx.jpg* [Image]. CC BY 3.0.
- OpenStax College. (n.d.). *2307_Cartilages_of_the_Larynx.jpg* [Image]. CC BY 3.0.
- OpenStax Anatomy and Physiology. (n.d.). *2308a_The_Trachea.jpg* [Image]. CC BY 4.0.
- OpenStax College. (n.d.). *2309_The_Respiratory_Zone.jpg* [Image]. CC BY 3.0.
- OpenStax College. (n.d.). *2312_Gross_Anatomy_of_the_Lungs.jpg* [Image]. C

BAB 3

FISIOLOGI SISTEM RESPIRASI

FISIOLOGI SISTEM PERNAPASAN

Fungsi utama sistem pernapasan adalah pertukaran gas (gas exchange), yaitu memasok oksigen (O_2) secara terus-menerus ke dalam tubuh sekaligus mengeluarkan karbon dioksida (CO_2), hasil sisa metabolisme sel. Untuk mencapai proses ini, sistem pernapasan menghasilkan ventilasi (breathing), yaitu gerakan mekanis keluar masuknya udara ke dalam dan keluar dari paru-paru.

1. Ventilasi dan Mekanika Pernapasan

Inspirasi (Inhalasi) adalah proses masuknya udara ke dalam paru-paru. Pada fase ini, diafragma berkontraksi dan mendatar, sehingga rongga toraks membesar. Bersamaan dengan itu, otot interkostal eksternal (otot di antara tulang rusuk) juga berkontraksi sehingga tulang rusuk terangkat dan rongga dada melebar. Pelebaran rongga toraks menurunkan tekanan di dalam paru-paru dibandingkan tekanan atmosfer. Perbedaan tekanan ini menciptakan kondisi vakum yang menyebabkan udara mengalir masuk ke dalam paru-paru.

Sebaliknya, ekspirasi (ekshalasi) adalah proses mengeluarkan udara dari paru-paru. Pada saat diafragma dan otot interkostal eksternal relaksasi, rongga toraks kembali ke ukuran semula. Hal ini meningkatkan tekanan intratoraks sehingga udara terdorong keluar dari paru-paru. Proses inspirasi umumnya bersifat aktif karena melibatkan kontraksi otot, sedangkan ekspirasi normal bersifat pasif akibat elastisitas paru-paru dan dinding dada.

Dalam kondisi tertentu, seperti olahraga, bernyanyi, atau napas berat akibat penyakit, terjadi pernapasan paksa (forced breathing/hyperpnea). Pada kondisi ini, tubuh menggunakan otot-otot pernapasan tambahan (seperti otot interkostal internal, otot leher, dan otot perut) untuk membantu proses inspirasi maupun ekspirasi. Bila terjadi gangguan respirasi, pasien dapat mengalami napas kerja keras (labored breathing) yang ditandai dengan penggunaan otot bantu napas secara nyata.

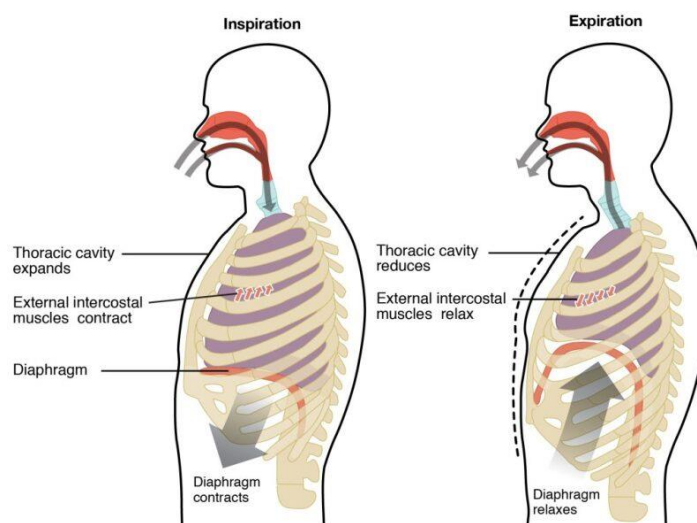
Tenaga kesehatan menggunakan stetoskop untuk mendengarkan bunyi napas yang timbul akibat pergerakan udara di saluran pernapasan. Bunyi napas normal dapat berubah bila terdapat gangguan seperti lendir, penyempitan saluran, atau adanya cairan di alveolus. Beberapa bunyi napas patologis meliputi:

- Rhonchi: suara kasar, bernada rendah, terdengar saat ekspirasi, menandakan adanya lendir di saluran napas besar.
- Rales (crackles halus): suara “berderak halus” saat inspirasi, sering terjadi pada gagal jantung atau pneumonia akibat adanya cairan di alveolus.
- Wheezing: bunyi melengking seperti siulan, terjadi bila ada penyempitan bronkus, misalnya pada asma.
- Stridor: suara keras saat inspirasi, menandakan adanya obstruksi pada saluran napas atas (trakea/laring).
- Pleural rub: suara seperti gesekan kulit atau kulit dengan kulit, akibat peradangan pleura sehingga permukaannya saling bergesekan saat bernapas.

Dalam terminologi medis, kata dasar -pnea berarti “napas”. Beberapa istilah penting antara lain:

- Takipnea (tachypnea) → napas cepat.
- Bradipnea (bradypnea) → napas lambat.
- Hipopnea (hypopnea) → pernapasan dangkal atau kurang efektif.
- Apnea (apnea) → henti napas.
- Dispnea (dyspnea) → kesulitan bernapas, gejala umum pada banyak gangguan respirasi.

Dengan demikian, proses ventilasi tidak hanya sebatas mekanisme inspirasi dan ekspirasi, tetapi juga berkaitan erat dengan kondisi fisiologis dan patologis yang dapat memengaruhi bunyi napas maupun efektivitas pertukaran gas.



Gambar 8. Inhalation and Exhalation
(Sumber: [Chapter 12 Digestive System Terminology](#), 2024)

2. Kontrol Pernapasan (Control of Breathing)

Laju pernapasan (respiratory rate) adalah jumlah napas yang diambil per menit. Pada orang dewasa normal, laju pernapasan berkisar antara 12–20 kali per menit, sedangkan pada bayi di bawah 1 tahun normalnya 30–60 kali per menit. Pada anak-anak usia sekitar 10 tahun, laju pernapasan normal menurun menjadi 18–30 kali per menit. Laju pernapasan merupakan indikator penting dalam menilai kondisi sistem pernapasan, karena laju ini dapat meningkat atau menurun sebagai respons terhadap penyakit atau gangguan pernapasan.

Kontrol pernapasan terutama diatur oleh pusat pernapasan yang terdapat di medula oblongata dan pons pada batang otak. Pusat pernapasan ini merespons perubahan kadar karbon dioksida (CO_2), oksigen (O_2), dan pH darah. Perubahan ini dideteksi oleh kemoreseptor sentral yang berada di otak serta kemoreseptor perifer yang terletak pada aorta dan arteri karotis.

Faktor utama yang mendorong pernapasan ternyata bukan kadar oksigen yang rendah (hipoksemia), melainkan konsentrasi karbon dioksida dalam darah. Karbon dioksida merupakan produk sisa respirasi seluler dan bersifat toksik pada kadar tinggi (hiperkapnia). Saat kadar CO_2 meningkat, kemoreseptor sentral merangsang kontraksi diafragma dan otot interkostal, sehingga laju dan kedalaman napas meningkat untuk membantu mengeluarkan karbon dioksida dari tubuh. Kondisi ini disebut hiperventilasi, yaitu pernapasan cepat dan dalam.

Sebaliknya, kadar CO_2 yang terlalu rendah akan merangsang pernapasan menjadi lebih dangkal dan lambat agar tubuh mempertahankan CO_2 . Kondisi ini disebut hipoventilasi, yaitu pernapasan lambat dan dangkal. Dengan mekanisme kontrol ini, tubuh mampu menyesuaikan ventilasi sesuai kebutuhan metabolik, menjaga keseimbangan gas darah, serta mempertahankan homeostasis internal tubuh.

3. Pertukaran Gas (Gas Exchange)

Proses ventilasi, yaitu mekanisme masuk dan keluarnya udara, menyediakan oksigen ke alveolus di paru-paru agar dapat terjadi pertukaran gas. Istilah respirasi mencakup pertukaran gas yang terjadi di paru-paru antara alveolus dan kapiler paru, maupun di jaringan tubuh antara kapiler sistemik dan sel atau jaringan tubuh.

Pertukaran gas eksternal (external respiration) terjadi di paru-paru, melalui dinding tipis kapiler paru yang mengelilingi alveolus. Pada proses ini, oksigen dari udara yang masuk ke alveolus berdifusi melewati dinding alveolus ke dalam darah kapiler paru. Sebaliknya, karbon dioksida, produk sisa metabolisme seluler, berdifusi dari darah ke alveolus untuk dikeluarkan

melalui ekshalasi. Proses ini memungkinkan darah di paru-paru menjadi kaya oksigen dan bebas dari karbon dioksida sebelum diedarkan ke seluruh tubuh.

Selain itu, terjadi juga pertukaran gas internal (internal respiration) di jaringan tubuh. Oksigen yang terkandung dalam darah kapiler sistemik berdifusi keluar menuju sel dan jaringan tubuh untuk mendukung proses metabolisme sel. Pada saat yang sama, karbon dioksida yang dihasilkan sel sebagai hasil samping respirasi seluler berdifusi dari sel ke kapiler sistemik untuk dibawa kembali ke paru-paru. Dengan mekanisme ini, sel-sel tubuh mendapatkan pasokan oksigen yang cukup untuk metabolisme, sementara karbon dioksida dibuang secara efisien, sehingga homeostasis gas darah dan keseimbangan asam-basa tubuh dapat terjaga.

4. Perfusi (Perfusion)

Selain ventilasi yang memadai, aspek penting kedua dalam pertukaran gas adalah perfusi, yaitu aliran darah melalui jaringan kapiler. Di paru-paru, perfusi terjadi dalam sirkulasi pulmoner, di mana darah dipompa dari jantung menuju paru-paru melalui arteri pulmonalis, kemudian kembali ke jantung untuk didistribusikan ke seluruh tubuh. Arteri pulmonalis membawa darah deoksigenasi dari jantung ke paru-paru, yang kemudian bercabang menjadi jaringan kapiler paru yang mengelilingi alveolus. Di sinilah terbentuk membran respirasi, tempat terjadinya pertukaran gas antara darah dan udara dalam alveolus.

Walaupun sejumlah kecil oksigen dapat larut langsung ke dalam plasma darah, sebagian besar oksigen mengikat hemoglobin dalam sel darah merah (eritrosit). Hemoglobin berfungsi sebagai pengangkut oksigen utama; semakin banyak oksigen yang dibawa, semakin terang warna merah darah tersebut. Darah yang kaya oksigen kemudian kembali ke jantung melalui vena pulmonalis, masuk ke atrium kiri dan ventrikel kiri, dan dipompa keluar melalui aorta ke seluruh tubuh. Hemoglobin dalam sel darah merah memastikan oksigen didistribusikan ke jaringan tubuh, sehingga sel-sel mendapatkan oksigen yang cukup untuk metabolisme dan mempertahankan fungsi organ secara optimal.

5. Hipoksia (Hypoxia)

Gangguan atau penyakit yang memengaruhi sistem pernapasan dapat menyebabkan hipoksia, yaitu kondisi di mana kadar oksigen dalam jaringan tubuh rendah. Status oksigenasi pasien biasanya dievaluasi oleh tenaga kesehatan menggunakan pulse oximetry, yaitu metode untuk memperkirakan kadar oksigen dalam darah berdasarkan saturasi hemoglobin yang diukur oleh alat pulse oximeter. Karena sebagian besar oksigen dalam darah diangkut oleh

hemoglobin dalam sel darah merah, pulse oximetry memberikan estimasi seberapa banyak hemoglobin yang “terikat” dengan oksigen. Rentang normal saturasi oksigen menurut pulse oximetry adalah 94–100%.

Hipoksia dapat terjadi akibat ventilasi yang tidak memadai atau perfusi yang terganggu. Contohnya adalah edema paru (pulmonary edema), yaitu penumpukan cairan di alveolus yang sering disebabkan oleh gagal jantung atau gagal ginjal. Akibat adanya cairan, oksigen tidak dapat berdifusi melewati membran alveolar ke dalam darah, dan karbon dioksida tidak dapat dikeluarkan dari darah. Kondisi ini dapat menimbulkan hipoksia dan hiperkapnia (peningkatan kadar karbon dioksida), yang memerlukan intervensi medis segera untuk menurunkan kadar CO₂ dan meningkatkan oksigenasi agar kehidupan pasien tetap terjaga.

LATIHAN SOAL

Pilihan Ganda

1. Fungsi utama sistem pernapasan adalah:
 - a. Produksi sel darah merah
 - b. Pertukaran gas antara oksigen dan karbon dioksida
 - c. Menghasilkan energi langsung
 - d. Menyaring partikel makanan
2. Inspirasi terjadi ketika:
 - a. Diafragma relaksasi dan rongga toraks mengecil
 - b. Diafragma kontraksi dan rongga toraks membesar
 - c. Bronkiolus menutup
 - d. Alveolus kolaps
3. Ekspirasi normal sebagian besar bersifat:
 - a. Pasif
 - b. Aktif
 - c. Memerlukan kontraksi otot bantu
 - d. Menghasilkan suara
4. Pernapasan paksa (*forced breathing*) dapat terjadi saat:
 - a. Tidur nyenyak
 - b. Olahraga atau bernyanyi
 - c. Duduk santai
 - d. Tekanan darah rendah
5. Respiratory rate (laju pernapasan) pada orang dewasa normal adalah:
 - a. 6–10 kali/menit
 - b. 12–20 kali/menit
 - c. 20–30 kali/menit
 - d. 30–60 kali/menit
6. Faktor utama yang mendorong pernapasan adalah:
 - a. Kadar oksigen rendah
 - b. Kadar karbon dioksida tinggi
 - c. Tekanan darah rendah

- d. Konsentrasi glukosa
- 7. Pertukaran gas eksternal terjadi di:
 - a. Bronkiolus
 - b. Kapiler paru dan alveolus
 - c. Trakea
 - d. Otot interkostal
- 8. Hiperventilasi adalah:
 - a. Napas lambat dan dangkal
 - b. Napas cepat dan dalam
 - c. Tidak bernapas sama sekali
 - d. Napas normal

Isian Singkat

1. Proses masuknya udara ke paru-paru disebut _____.
2. Proses keluarnya udara dari paru-paru disebut _____.
3. Pusat pernapasan yang mengatur laju dan kedalaman napas terletak di _____ dan _____.
4. Alat yang digunakan tenaga kesehatan untuk mendengarkan bunyi napas adalah _____.
5. Kondisi rendahnya kadar oksigen dalam jaringan tubuh disebut _____.

Referensi

- Ernstmeyer K, Christman E, editors. *Medical Terminology* [Internet]. 2nd ed. Eau Claire (WI): Chippewa Valley Technical College; 2024. Chapter 4, Respiratory System Terminology. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK607438/>
- Blausen.com staff. (2014). *Blausen_0872_UpperRespiratorySystem.png* [Image]. CC BY 3.0.
- OpenStax. (n.d.). *Anatomy and physiology*. OpenStax. CC BY 4.0. <https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology/pages/1-introduction>
- OpenStax. (n.d.). *Anatomy and physiology* [Derivative work]. CC BY 4.0. <https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology/pages/1-introduction>
- OpenStax College. (n.d.). *2316_Inspiration_and_Expiration.jpg* [Image]. CC BY 3.0.
- Chippewa Valley Technical College. (n.d.). *Open RN Nursing Skills 2e* [Derivative work]. CC BY 4.0.

BAB 4

PENUTUP

PENUTUP

Bab ini menutup pembahasan mengenai anatomi dan fisiologi sistem pernapasan, mulai dari struktur saluran pernapasan atas dan bawah, mekanisme ventilasi, pertukaran gas, hingga kontrol pernapasan dan perfusi. Dengan memahami materi ini, mahasiswa diharapkan mampu mengaitkan struktur anatomi dengan fungsi fisiologis dalam mendukung homeostasis tubuh melalui suplai oksigen yang adekuat dan pengeluaran karbon dioksida yang efisien.

Pemaparan materi ini juga menekankan keterkaitan antara ventilasi, perfusi, dan pertukaran gas, serta pentingnya pengaturan oleh pusat pernapasan di batang otak. Pengetahuan tentang bunyi napas, laju pernapasan, dan hipoksia memberikan dasar bagi mahasiswa untuk mengenali tanda-tanda awal gangguan sistem respirasi, yang merupakan kompetensi penting dalam praktik keperawatan dan pelayanan kesehatan.

Sebagai penutup, pemahaman menyeluruh mengenai sistem respirasi tidak hanya mencakup pengenalan struktur dan fungsi, tetapi juga kemampuan untuk mengenali gangguan, memahami mekanisme kompensasi tubuh, dan merencanakan tindakan intervensi yang tepat. Bab ini diharapkan menjadi fondasi bagi mahasiswa untuk melanjutkan pembelajaran klinis, baik dalam penatalaksanaan pasien dengan gangguan pernapasan maupun dalam penerapan prinsip-prinsip keperawatan berbasis ilmu fisiologi.