

PERTUKARAN UDARA O₂ DAN CO₂ DALAM PERNAPASAN

Saminan

Abstrak. Udara atmosfer normal yang kering adalah campuran gas-gas yang mengandung sekitar 79% Nitrogen (N₂) dan 21% oksigen (O₂). Manusia bernapas sekitar 6 liter (6x10⁻³m³) udara agar mendapatkan pasokan oksigen (O₂) segar ke dalam paru dan membuang karbon dioksida (CO₂). Ketika kita menghembus napas alveoli menjadi lebih kecil. Pertukaran gas (O₂ dan CO₂) antara alveoli dan darah terjadi melalui difusi yang menyebabkan O₂ dari alveoli ke dalam darah dan CO₂ dari darah ke alveoli. Perbedaan tekanan O₂ dan CO₂ di jaringan mempengaruhi transpor gas-gas melewati dinding alveolus, molekul O₂ berdifusi lebih cepat dari pada molekul CO₂ karena massanya lebih kecil. Apabila terdapat penyakit yang menyebabkan dinding alveolus menebal transpor O₂ akan lebih terganggu dibandingkan dengan transpor CO₂. (JKS 2012; 2: 122-126)

Kata kunci : Udara, alveoli dan difusi

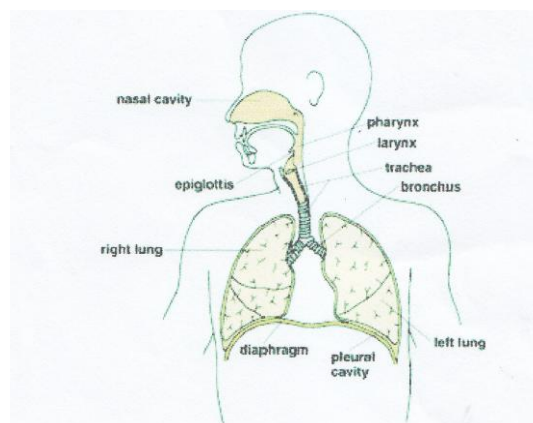
Abstract. Normal dry atmospheric air is a mixture of gases containing about 97% Nitrogen (N₂) and 21% oxygen (O₂). Humans breathe approximately 6 quarts (6x10⁻³m³) of air, in order to get a supply of oxygen (O₂) into the fresh pulmonary and dispose of carbon dioxide (CO₂). When we exhale breath alveoli become smaller. Gas exchange (O₂ and CO₂) between the alveoli and the blood occurs by diffusion which spread from the alveoli into the blood O₂ and CO₂ from the blood into the alveoli. O₂ and CO₂ pressure differences in the network affects the transport of gases through the alveolar walls, O₂ molecules diffuse faster than molecules of CO₂: because its mass is smaller. If there is a disease that causes thickened alveolar walls O₂ transport would be more disturbed than the transport of CO₂. (JKS 2012; 2: 122-126)

Keywords : Air, alveoli and diffusion

Pendahuluan

Manusia bernapas sekitar 6 liter (6x10⁻³m³) udara agar mendapatkan pasokan oksigen (O₂) segar ke dalam paru dan membuang karbon dioksida (CO₂). Saat bernapas manusia menghirup udara melalui hidung,

udara yang dihirup mengandung oksigen dan gas-gas lain, udara masuk ke tenggorokan, kemudian ke dalam paru lalu udara mengalir sampai ke alveoli yang merupakan ujung dari saluran.^{1,2}



Saluran penghantar udara yang membawa udara ke dalam paru-paru adalah hidung, faring, laring, trakea, bronkus, dan

bronkiolus. Saluran pernapasan dari hidung sampai bronkiolus dilapisi oleh membran mukosa bersilia. Ketika masuk rongga hidung udara disaring, dihangatkan, dan dilembabkan. Ketiga proses ini menggunakan fungsi utama dari mukosa

Saminan adalah Dosen Bagian Ilmu Fisiologi Fakultas Kedokteran Universitas Syiah Kuala Banda Aceh

respirasi yang terdiri dari epitel toraks bertingkat, bersilia dan bersel goblet. Permukaan epitel yang dilapisi oleh lapisan mukus yang disekresi oleh sel goblet dan kelenjar mukosa. Partikel debu yang kasar disaring oleh rambut-rambut yang terdapat dalam lubang hidung sedangkan partikel yang halus akan dijerat dalam lapisan mukus. Gerakan silia mendorong lapisan mukus ke posterior didalam rongga hidung dan superior di dalam sistem pernapasan bagian bawah menuju faring. Dari sini partikel halus akan tertelan atau dibatukkan keluar. Lapisan mukus memberikan air untuk kelembaban dan banyaknya jaringan pembuluh darah dibawahnya akan menyuplai panas ke udara inspirasi. Jadi udara inspirasi telah disesuaikan sedemikian rupa sehingga udara yang mencapai faring hampir bebas debu bersuhu mendekati suhu tubuh, dan kelembabannya mencapai 100%.^{3,4}

Peristiwa keluar masuknya udara atmosfer melalui hidung sampai ke paru-paru (Respirasi) dan sebaliknya, O₂ yang terkandung dalam alveolus bertukar dengan CO₂, yang terkandung dalam darah yang terdapat dalam pembuluh darah alveolus melalui proses difusi.^{1,5}

Difusi gas terdiri atas molekul-molekul sederhana yang bebas bergerak satu sama lain, ini berlaku bagi gas-gas yang terlarut didalam cairan dan jaringan tubuh, difusi bisa terjadi bila tersedianya sumber energi sehingga menimbulkan gerakan kinetik dari molekul-molekul gas.^{5,6}

Pertukaran gas di paru melibatkan dua proses umum membawa darah ke jaringan kapiler paru (perfusi) dan membawa udara ke permukaan alveolus (ventilasi). Difusi dalam cairan pada pertukaran O₂ dan CO₂ di jaringan, molekul-molekul dalam suatu gas pada suatu ruangan bergerak dengan kecepatan seperti kecepatan suara, setiap molekul bertumbukan sekitar 10¹⁰ kali/detik dengan molekul sekitarnya.^{1,3}

Oksigen diperlukan untuk proses respirasi sel-sel tubuh. Gas karbon dioksida yang dihasilkan selama proses respirasi sel

tubuh akan di tukar dengan oksigen, selanjutnya darah mengangkut karbon dioksida untuk dikembalikan ke alveolus paru dan akan dikeluarkan ke udara melalui hidung saat mengeluarkan napas.^{3,5}

Molekul Gas

Udara yang kita hirup adalah sekitar 80% Nitrogen (N₂), dan 20% O₂, udara yang kita keluarkan mengandung 80% N₂, 16% O₂ dan 40% CO₂. Kita bernapas sekitar 10 Kg udara setiap hari, dari jumlah ini paru menyerap sekitar 0,5 Kg CO₂ (sekitar 400 Liter O₂) dan membebaskan O₂ dalam jumlah sedikit lebih kecil juga menjenuhkan udara yang kita hirup dengan air.^{5,6}

Pernapasan di udara kering, mengeluarkan air sekitar 0,5 Kg setiap hari (lembab), pada cuaca dingin sebagian dari kelembapan mengalami konduksi dan kita dapat melihat napas kita.¹

Udara yang kita hirup mengandung debu, asap, bakteri udara gas yang mengganggu, yang berkontak dengan darah. Paru lebih banyak terpajan ke lingkungan dibandingkan dengan bagian tubuh lain termasuk kulit.^{3,7}

Dalam saluran napas air akan menguap dari permukaannya dan melembabkan udara yang masuk. Tekanan uap air pada suhu tubuh 37⁰ C sebesar 47mmHg, ini merupakan tekanan parsial air didalam alveoli.^{2,4}

Tekanan suatu gas di sebabkan oleh gaya tarik menarik yang konstan dari molekul-molekul gas yang bergerak pada suatu permukaan. Oleh karena itu tekanan gas pada permukaan saluran pernapasan dan alveoli sebanding dengan jumlah kekuatan gaya semua molekul yang melewati permukaan itu.^{1,7}

Banyaknya difusi untuk masing-masing gas, terutama oksigen, nitrogen dan karbon dioksida berbanding langsung dengan tekanan yang disebabkan oleh masing-masing gas sendiri yang disebut tekanan partial dari gas. Tekanan udara atmosfer sebesar 760 mmHg disebabkan oleh gas nitrogen dari campuran gas sebesar 600

mmHg dan tekanan partial oksigen 160 mmHg.^{1,3}

Gas-gas yang terlarut dalam air dan jaringan tubuh juga memberikan tekanan, oleh karena molekul yang terlarut juga bergerak secara acak dan juga mempunyai energi kinetik seperti molekul-molekul dalam fase gas.^{1,3}

Ventilasi Paru

Mekanisme dasar ekspirasi dan kontraksi paru sehingga paru dapat mengembang dan mengempis dengan dua cara yaitu ; 1). Naik turunnya diafragma untuk memanjangkan atau untuk memendekkan rongga dada. 2) Pengangkatan dan penurunan tulang dada serta tulang-tulang iga untuk menambah atau mengurangi diameter anteroposterior rongga dada.^{2,5}

Secara normal bernapas biasanya disebabkan oleh naik turunnya diafragma saat berkontraksi bentuknya akan lebih datar dan akan menarik bagian bawah paru ke bawah sehingga volume rongga dada bertambah besar, tekanannya berkurang, maka terjadilah inspirasi. Sebaliknya kalau diafragma berelaksasi, bentuknya akan kembali cembung ke arah atas oleh karena desakan isi perut di tambah dengan sifat kenyal serabut elastis jaringan paru, dengan demikian volume rongga dada bertambah kecil, tekanannya bertambah besar, maka terjadilah ekspirasi, bila pernapasan bertambah berat kontraksi diafragma dan tenaga elastis serabut-serabut jaringan paru saja tidak cukup berat sehingga harus di bantu dengan kontraksi otot-otot perut yang menekan isi perut ke atas pada dasar diafragma.^{5,8}

Cara yang kedua untuk mengembangkan paru yaitu dengan mengangkat tulang dada dan tulang-tulang iga sebagai satu kesatuan. Pada keadaan istirahat tulang-tulang iga ini condong ke arah bawah, menyebabkan dada jatuh ke arah tulang-tulang belakang. Jika tulang-tulang iga terangkat, tulang-tulang iga ini akan berdiri tegak ke arah depan sehingga tulang dada bergerak ke depan menjauhi tulang belakang dan diameter anteroposterior

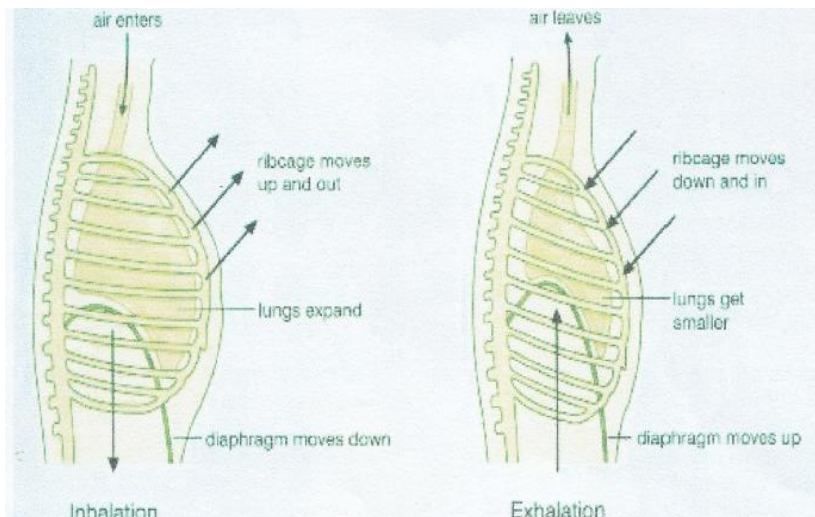
rongga dada dapat bertambah 20% pada saat inspirasi maksimal.^{2,5,8}

Tekanan Gas dalam Paru

Otot-otot respirasi menyebabkan ventilasi paru dengan jalan menekan dan mengembangkan paru secara bergantian yang berarti menyebabkan tekanan di dalam paru menjadi sedikit lebih rendah dibandingkan dengan tekanan udara atmosfer, yaitu sekitar 1mmHg; ini akan menyebabkan udara mengalir ke dalam paru. Selama ekspirasi biasa tekanan intra-alveolar naik, sekitar +1mmHg di atas tekanan udara atmosfer yang menyebabkan udara mengalir keluar dari paru, betapa kecilnya tekanan yang diperlukan untuk mengalirkan udara keluar masuk paru dalam keadaan normal, jika mengalami penyakit paru tekanan menjadi besar.^{1,2,8}

Seseorang yang mengusahakan ekspirasi maksimal sementara glotis tertutup, maka tekanan intra alveolar dapat naik sampai setinggi +140 mmHg pada lelaki, yang sehat dan kuat, sementara pada usaha inspirasi yang maksimal tekanan ini dapat turun sampai serendah -100mmHg.^{2,6}

Dari gambar di bawah ini melukiskan efek tekanan yang di kenakan pada alveoli dan saluran napas dari sebelah luar, yang disebabkan oleh kompresi rongga dada. Anak panah disebelah luar, alveolus ke dalam bronkiolus tetapi juga menekan bronkiolus pada saat bersamaan sehingga tahanan jalan napas bertambah besar dan melawan aliran udara ke luar; tenaga ekspirasi di lawan oleh naiknya resistensi jalan napas.^{2,4}



Campuran gas di alveolus tidak sama dengan campuran gas di udara. Paru tidak kosong pada saat ekspirasi, selama bernapas normal paru menahan sekitar 30% dan volume maksimal pada setiap akhir ekspirasi, ini yang disebut dengan kapasitas residual fungsional. Pada setiap bernapas 0,5 Liter udara segar (PO_2 20 kpa) bercampur dengan sekitar 2 liter udara di paru untuk menghasilkan udara alveolus dengan PO_2 sekitar 13 kPa. PCO_2 di alveolus adalah 5 kPa Udara ekspirasi mengandung sekitar 0,15 Liter udara yang segar dari trakea yang tidak berkontak dengan permukaan alveolus sehingga udara ekspirasi memiliki PO_2 yang sedikit lebih tinggi dari PCO_2 lebih rendah dari pada udara alveolus.^{1,6}

Difusi Gas Dalam Kapiler Paru

Perbedaan kedalaman O_2 dan CO_2 di jaringan mempengaruhi transpor gas-gas melewati dinding alveolus, molekul O_2 berdifusi lebih cepat dari pada molekul CO_2 karena massanya lebih kecil. Apabila terdapat penyakit yang menyebabkan dinding alveolus menebal transport O_2 akan lebih terganggu dibandingkan dengan transport CO_2 .^{1,5}

Saat kita bernapas normal, pasokan udara segar tidak mencapai alveolus yang masih terisi oleh udara pengap dari napas sebelumnya karena konsentrasinya yang lebih tinggi, O_2 segar dengan cepat

berdifusi melewati udara pengap untuk mencapai permukaan alveolus. Oksigen larut di dinding alveolus yang lembab dan terus berdifusi ke dalam darah kapiler sampai PO_2 : darah sama dengan PO_2 di alveolus, proses ini berlangsung dalam waktu kurang dari 0,5 detik.^{3,5}

Darah hanya dapat mengangkut sedikit O_2 dalam bentuk terlarut sebagian besar O_2 untuk sel di angkut dengan terikat secara kimiawi ke hemoglobin (Hb) di sel darah merah, setiap sel darah merah dapat mengangkut sekitar sejuta molekul O_2 . Molekul oksigen berikatan secara ringan dan reversibel dengan Hb bila PO_2 tinggi seperti di dalam kapiler paru Oksigen berikatan dengan hemoglobin, tetapi bila PO_2 rendah seperti dalam kapiler jaringan oksigen di lepaskan dari hemoglobin.^{2,3,5}

PO_2 dalam udara alveoli 104 mmHg sementara PO_2 dalam darah venosa 40 mmHg, sehingga ada perbedaan tekanan partial oksigen sekitar 64 mmHg, dengan demikian terjadilah difusi oksigen dari udara alveoli ke darah kapiler paru begitu cepat, difusi oksigen dari udara alveoli ke darah kapiler.^{2,3}

Saat mencapai sel yang lingkungan PO_2 rendah O_2 terlepas dari Hb dan berdifusi ke dalam sel, tidak semua O_2 meninggalkan Hb; jumlah yang lepas tersebut bergantung pada PO_2 jaringan, pada keadaan istirahat darah vena kembali ke jantung sekitar 75% dari kandungan O_2

nya, oksigen tetap bertahan di darah karena tidak dibutuhkan di jaringan, sedangkan saat kerja fisik olah raga berat, situasi di otot yang aktif berubah secara drastis. Tekanan O₂ di otot yang bekerja akan turun dengan cepat sehingga lebih banyak O₂ yang terlepas dari Hb dan berdifusi ke dalam otot. Selain itu tubuh dapat meningkatkan aliran darah ke otot yang sedang bekerja sampai tiga kali lipat. Otot yang sedang bekerja dapat mengkonsumsi O₂ sepuluh kali lebih banyak di bandingkan saat istirahat.^{1,2}

Karbon dioksida tidak di angkut dari jaringan dengan difusi sederhana sebagian besar dipertahankan relatif konstan oleh kecepatan bernapas, seseorang yang melakukan; pernapasan terlalu cepat (hiperventilasi) dapat menyebabkan penurunan PCO₂ di darah (hiperkapnia); hal ini dapat mengalami gangguan kesadaran hingga pingsan.^{1,2,6}

Kesimpulan

Perbedaan tekanan O₂ dan CO₂ di jaringan mempengaruhi transpor gas-gas melewati dinding alveolus, molekul O₂ berdifusi lebih cepat dari pada molekul CO₂ karena massanya lebih kecil. Apabila terdapat penyakit yang menyebabkan dinding alveolus menebal transpor O₂ akan lebih terganggu dibandingkan dengan transpor CO₂.

Daftar Pustaka

1. Camslon J.R., Skofronik, J, G dan G.rant, R.M. Fisika Tubuh Manusia, Edisi 2. EGC. Jakarta. 2006
2. Imron A. Respirasi. Dalam buku Monograf Fisiologi manusia, suwono (ed). Pusat Antar Universitas UGM. Yogyakarta. 1993
3. Price S.A, Wilson, L.M. Patofisiologi proses-proses penyakit. EGC. Jakarta. 2006
4. Sherwood, L. Fisiologi manusia; Dari Sel ke Sistem. Edisi 2. EGC. Jakarta. 2001
5. Hani R.M. Fisika Kesehatan. Edisi 2. EGC. Jakarta. 2006
6. Asagaff H. dan Mukty, H.A. Dasar-dasar Ilmu Penyakit Paru. Airlangga University Press. Surabaya. 2008

7. Guyton. Fisiologi Manusia dan Mekanisme penyakit. Edisi ke 7. EGC. Jakarta. 1994
8. Underwood, J.C.E. Patologi: Umum dan sisematik. EGC. Jakarta. 2000