

DAMPAK ADAPTASI LINGKUNGAN TERHADAP PERUBAHAN FISIOLOGIS

I Ketut Suidiana

Jurusan Ilmu Keolahragaan, Fakultas Olahraga Dan Kesehatan, Universitas Pendidikan Ganesha
Singaraja

Email: (suidiana_67@yahoo.co.id)

Abstrak

Lingkungan tempat tinggal seperti temperatur, iklim, ketinggian tempat tinggal, akan berdampak terhadap perubahan fisiologis seseorang, lingkungan tempat tinggal akan berdampak pada terjadinya adaptasi fisiologis seseorang. Salah satu adaptasi lingkungan yang bisa dijadikan perbandingan dengan adanya perbedaan tekanan parsial oksigen (PO_2), baik yang terdapat di dataran rendah, dataran tinggi, daerah pantai dan pegunungan. Secara geografis Pulau Bali dikelilingi oleh pantai dan di tengah-tengah pulau ditandai dengan membentangnya pegunungan yang memanjang dari barat ke timur. Adanya pegunungan tersebut, menyebabkan wilayah Pulau Bali dapat dibagi menjadi dua bagian yang tidak sama yaitu : a) Bali Utara dengan dataran rendah yang sempit dan kurang landai, b) Bali Selatan dengan dataran rendah yang lebih luas dan landai. Adapun faktor-faktor yang menentukan, konsumsi oksigen (O_2) maksimal (VO_2 max) adalah : (1) Jantung, paru-paru dan pembuluh darah harus berfungsi dengan baik, (2) Proses penyampaian oksigen (O_2) ke jaringan oleh sel darah merah harus normal, (3) Jaringan otot harus memiliki kapasitas yang normal untuk mempergunakan oksigen (O_2) atau memiliki metabolisme yang normal, fungsi mitokondria harus normal VO_2 max meningkat disebabkan karena peningkatan aktivitas otot rangka pada saat beraktivitas dan berdampak pada meningkatnya sebagian konsumsi oksigen (O_2), maka otot besar harus dipergunakan apabila konsumsi oksigen (O_2) maksimal ingin dicapai. Hal ini juga akan berpengaruh pada peningkatan kemampuan sistem sirkulasi darah dari bagian tidak aktif ke bagian yang aktif dan kemampuan jaringan untuk menyerap darah. Dan ini juga berakibat terjadinya perbedaan kandungan oksigen (O_2) antara darah di vena dan di arteri, sebagian besar darah yang mengandung oksigen (O_2) akan mengalir ke otot yang sedang bekerja. Proses respirasi dapat dibagi menjadi 3 bagian yakni : pernapasan luar (*external respiration*), pernapasan dalam (*internal respiration*) dan pernapasan seluler (*seluler respiration*). Pernapasan luar artinya oksigen (O_2) dari udara luar masuk ke alveoli kemudian masuk ke darah. Pernapasan dalam artinya oksigen (O_2) dari darah masuk ke jaringan-jaringan dan pernapasan seluler adalah oksidasi biologis dimana oksigen (O_2) digunakan oleh sel-sel tubuh untuk menghasilkan energi, air dan karbon dioksida (CO_2).

Kata-kata kunci: Konsumsi oksigen maksimal (VO_2 Maks), tekanan parsial oksigen (PO_2), perubahan fisiologis.

1. Pendahuluan

a. Latar Belakang Masalah

Faktor lingkungan sangat penting dalam pencapaian kondisi fisik seseorang. Lingkungan tempat tinggal seperti temperatur, iklim, ketinggian tempat tinggal, akan berdampak terhadap perubahan fisiologis seseorang, lingkungan tempat tinggal akan berdampak pada terjadinya adaptasi fisiologis seseorang (Gallahue dan Ozmun 1998 : 204-205). Salah satu adaptasi lingkungan yang bisa dijadikan perbandingan dengan adanya perbedaan tekanan parsial oksigen (PO_2), baik yang terdapat di dataran rendah dan dataran tinggi (Fox dan Bowers, 1993; Djaja dan Doewes, 2003: 252). Selain itu, Guyton (1997: 684) membedakan daerah pantai dan pegunungan ditinjau dari suhu udara dan kadar oksigen (O_2) juga berbeda. Semakin tinggi suatu daerah dari permukaan air laut maka kadar oksigennya (O_2) semakin sedikit. Dengan adanya perbedaan tekanan parsial

oksigen (PO_2) yang terdapat di dataran rendah dan dataran tinggi, akan berpengaruh juga pada jumlah hemoglobin (Hb) dalam butir-butir sel darah merah. Dataran tinggi atau di daerah pegunungan kadar oksigen (O_2) dalam udara akan menurun. Agar tubuh tetap mendapat jatah oksigen (O_2), maka alat angkutnya yang diperbanyak, yakni jumlah hemoglobin (Hb) dalam sel darah merah akan bertambah. Pada daerah yang tinggi seperti di pegunungan kadar oksigen (O_2) dan tekanannya lebih kecil dibandingkan dengan daerah pesisir atau dataran rendah. Karenanya perlu adaptasi fisiologis atau aklimatisasi bagi orang yang tinggal di dataran tinggi atau di pegunungan, aklimatisasi ini terjadi sejak dia lahir. Salah satu adaptasi fisiologis yang terjadi yakni : kapasitas paru lebih besar dan kadar hemoglobin (Hb) darah menjadi banyak (Nala, 1992:184).

Secara geografis Pulau Bali dikelilingi oleh pantai dan di tengah-tengah pulau ditandai dengan membentangnya pegunungan yang memanjang dari barat ke timur. Adanya pegunungan tersebut, menyebabkan wilayah Pulau Bali dapat dibagi menjadi dua bagian yang tidak sama yaitu : a) Bali Utara dengan dataran rendah yang sempit dan kurang landai, b) Bali Selatan dengan dataran rendah yang lebih luas dan landai. Dengan tekstur pegunungan yang membentang, disamping itu banyak juga terkandung kekayaan flora dan fauna yang menghasilkan banyak tebing, goa, danau, sungai, air terjun, selat dan teluk di Pulau Bali. Delapan Kabupaten yaitu Kabupaten Bangli, Kabupaten Karangasem, Kabupaten Klungkung, Kabupaten Gianyar, Kabupaten Badung, Kabupaten Tabanan, Kabupaten Jembrana dan Kabupaten Buleleng, kecuali Kota Denpasar tidak memiliki dataran tinggi, sedangkan tujuh kabupaten selain Kabupaten Bangli dan satu kota madya memiliki laut dan pantai (BPPS Bali, 2004). Puji syukur atas anugrah yang teramat besar pada Tuhan Yang Maha Esa, dimana letak geografis Propinsi Bali bisa dimanfaatkan untuk memberikan andil yang teramat besar terhadap perkembangan kemampuan fisiologis, terutama kapasitas vital paru dan peningkatan kadar hemoglobin (Hb) sel darah merah, selain itu akan memberikan kesempatan secara tidak langsung pada anak-anak di Propinsi Bali untuk melatih kemampuan fisik dengan medan geografis yang beraneka ragam di Propinsi Bali.

Keadaan geografis Propinsi Bali, yang berupa dataran rendah dengan keadaan pantai yang berpasir, dan dataran tinggi dengan keadaan perbukitan maupun pegunungan akan memberikan suatu keadaan, dimana menuntut seseorang beradaptasi atau beraklimatisasi terhadap keadaan itu, dan salah satu dampak positif yang dapat dilihat dari pengaruh keadaan geografis tersebut, terhadap kemampuan fisiologis tubuh dan peningkatan kemampuan biomotorik seseorang, seperti daya tahan *cardiovascular* terutama kapasitas VO_2 maks.

b. Urgensi Masalah

Secara teoritis dan praktis diharapkan dapat digunakan untuk pengembangan penelitian di daerah dataran tinggi dan daerah dataran rendah khususnya dalam peningkatan kemampuan biomotorik seseorang, seperti daya tahan jantung dan paru) *cardio respiratory vascular*.

2. Kajian Pustaka

a. VO_2 Max

"*Maximal oxygen uptake*" umumnya sering disingkat sebagai VO_2 max, dimana V pada oksigen dan max menyatakan kondisi maksimal. VO_2 max adalah volume oksigen maksimal yang digunakan oleh tubuh permenit (Fox 1984). Kemampuan transpor oksigen (O_2) secara maksimal dikenal sebagai VO_2 max. Pate (1993:255) mendefinisikan VO_2 max sebagai tempo tercepat dimana seseorang dapat menggunakan oksigen (O_2) selama berolahraga, VO_2 max mengacu pada kecepatan pemakaian oksigen (O_2), bukan sekedar banyaknya oksigen (O_2) yang dipakai. Sedangkan menurut Kathleen Liwijaya Kuntaraf (1992:34) VO_2 max berarti volume oksigen (O_2) yang dapat digunakan oleh tubuh saat bekerja sekeras mungkin. Dari definisi yang telah disebutkan dapat disimpulkan bahwa VO_2 max adalah jumlah oksigen (O_2) maksimum yang dapat dipergunakan persatuan waktu.

VO_2 max meningkat disebabkan karena peningkatan aktivitas otot rangka pada saat latihan dan berdampak pada meningkatnya sebagian konsumsi oksigen (O_2), maka otot besar harus dipergunakan apabila konsumsi oksigen (O_2) maksimal ingin dicapai. Hal ini juga akan berpengaruh pada peningkatan kemampuan sistem sirkulasi darah dari bagian tidak aktif ke bagian yang aktif dan kemampuan jaringan untuk menyerap darah. Dan ini juga berakibat terjadinya perbedaan kandungan oksigen (O_2) antara darah di vena dan di arteri, sebagian besar darah yang mengandung oksigen (O_2) akan mengalir ke otot yang sedang bekerja (Fox 1998).

Konsumsi oksigen maksimal (VO_2 maks) merupakan kemampuan tubuh untuk mengkonsumsi oksigen secara optimal dalam ukuran selang waktu tertentu, biasanya dalam satuan menit. Ukuran VO_2 maks menunjukkan perbedaan terbesar antara oksigen yang dihisap masuk kedalam paru dan oksigen yang dihembuskan ke luar paru (Junusul Hairy, 1989: 186).

VO_2 maks juga dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Soekarman, 1987: 44)

$$VO_2 \text{ maks} = SV \times HR \times a - VO_2 \text{ diff}$$

SV = *stroke volume* (isi sekuncup)

HR = *Heart rate* (denyut jantung permenit)

a- VO_2 diff = perbedaan kadar oksigen dalam arteri dan vena

Dari rumus di atas tampak bahwa peningkatan VO_2 maks dapat dipengaruhi oleh dua faktor perubahan: 1) peningkatan aliran oksigen ke jaringan yang aktif bekerja

(curah jantung), 2) peningkatan ekstraksi oksigen darah oleh jaringan otot skelet ($a\text{-VO}_2 \text{ diff}$) (Foss & Keteyian, 1998: 322). Perubahan pada curah jantung dan perubahan perbedaan oksigen vena dan arteri merupakan faktor pokok yang mempengaruhi peningkatan $\text{VO}_2 \text{ maks}$.

Curah jantung (*cardiac output*) merupakan jumlah darah yang dipompa keluar jantung per menit. Pada saat latihan curah jantung meningkat dengan cepat disebabkan oleh peningkatan volume sekuncup serta frekuensi denyut jantung. Ukuran $a\text{-VO}_2 \text{ diff}$ menggambarkan kemampuan sistem sirkulasi untuk mengangkut darah dari jaringan otot yang tidak aktif ke jaringan yang aktif berkontraksi. Nilai $a\text{-VO}_2 \text{ diff}$ dipengaruhi oleh vasokonstriksi pembuluh darah pada jaringan yang tidak aktif dan vasodilatasi pembuluh darah pada jaringan yang aktif berkontraksi. Kekurangan oksigen dan kelebihan karbon dioksida merupakan stimulator yang dapat merangsang vasodilatasi arteriol sedangkan vasokonstriksi pembuluh darah dirangsang oleh hormon adrenalin dan nonadrenalin (Cambridge Communication Limited, 1996: 47).

Peningkatan konsumsi oksigen maksimal sangat dipengaruhi oleh peningkatan sistem kardiorespirasi serta kemampuan otot dalam menggunakan oksigen yang dibawa dalam darah. Peningkatan ukuran jantung serta dataran difusi paru yang diakibatkan oleh latihan dapat meningkatkan $\text{VO}_2 \text{ maks}$. Selain itu *hypertrophy* pada otot yang disertai dengan peningkatan jumlah dan ukuran mitokondria juga akan meningkatkan jumlah konsumsi oksigen maksimal.

Meskipun $\text{VO}_2 \text{ maks}$ merupakan salah satu parameter yang menunjukkan kemampuan daya tahan *aerob* sistem jantung dan paru, namun untuk meningkatkan $\text{VO}_2 \text{ maks}$ dapat dilakukan dengan latihan *anaerob*, karena dengan latihan *anaerob* akan memberikan beban yang maksimum kepada sistem jantung dan paru (Soekarman, 1987: 58). Pembebanan maksimum pada sistem jantung dan paru akan mengakibatkan adaptasi dari kedua sistem tersebut terhadap pembebanan yang diberikan, sehingga kapasitas kedua sistem ini akan meningkat. Pelatihan dengan intensitas tinggi dalam jangka waktu yang pendek memberikan hasil yang lebih efektif dibandingkan dengan pelatihan intensitas rendah dalam durasi yang lama (Nala, 1998: 88).

Adapun faktor-faktor yang menentukan, konsumsi oksigen (O_2) maksimal ($\text{VO}_2 \text{ max}$)

adalah : (1) Jantung, paru-paru dan pembuluh darah harus berfungsi dengan baik, (2) Proses penyampaian oksigen (O_2) ke jaringan oleh sel darah merah harus normal, (3) Jaringan otot harus memiliki kapasitas yang normal untuk mempergunakan oksigen (O_2) atau memiliki metabolisme yang normal, fungsi mitokondria harus normal (Fox 1998).

a. Faktor-faktor yang mempengaruhi $\text{VO}_2 \text{ max}$.

$\text{VO}_2 \text{ max}$ yang baik merupakan indikasi kebugaran fisik seseorang itu baik. Unsur yang paling penting dalam kebugaran jasmani adalah daya tahan *cardiorespirasi* atau *cardiovascular*. Daya tahan *cardiorespirasi* ini dipengaruhi oleh berapa faktor fisiologis antara lain :

- 1).Keturunan, diketahui bahwa 93,4% $\text{VO}_2 \text{ max}$ ditentukan oleh faktor genetik.
- 2).Usia, daya tahan *cardiorespirasi* meningkat pada usia anak-anak dan kemudian mencapai puncaknya pada usia 18-20 tahun. Anak-anak yang masih tumbuh dan berkembang (13 tahun) bila berlatih akan meningkatkan $\text{VO}_2 \text{ max}$ 10-20% lebih besar dari yang tidak berlatih (Faisal Yunus, 1997).
- 3).Jenis kelamin selama akil baliq tidak ada perbedaan antara $\text{VO}_2 \text{ max}$ antara anak laki-laki dan perempuan. Setelah usia ini $\text{VO}_2 \text{ max}$ perempuan hanya kira-kira 70-75% laki-laki.
- 4).Aktivitas fisik, laju pemakaian oksigen (O_2) meningkat sejalan dengan meningkatnya intensitas kerja tergantung sampai tingkat maksimal. Pemakaian oksigen (O_2) maksimal atau kerja, aerobik maksimal sangat bervariasi bagi masing-masing individu dan meningkat dengan pelatihan yang sesuai (Pate, 1993).

Selain itu, menurut Lamb (1984) beberapa faktor yang menentukan konsumsi oksigen (O_2) maksimal adalah :

- 1). Usia.
Usia sangat berpengaruh terhadap *cardiac out-put* dari jantung, sehingga berpengaruh terhadap pengambilan oksigen (O_2) dari alam bebas, antara usia yang muda dan usia yang tua tidak menunjukkan perbedaan yang tajam. Lamb (1984) menyatakan pada usia 10-15 tahun, dapat mencapai persentase peningkatan $\text{VO}_2 \text{ max}$ yang sama dengan dewasa, tetapi kurang dari usia tersebut, cenderung lebih kecil persentase peningkatannya.
- 2). Jenis kelamin.
Nilai $\text{VO}_2 \text{ max}$ dari laki-laki lebih besar dari perempuan, ini disebabkan karena

perubahan komposisi tubuh dan kandungan kadar hemoglobin (Hb) pada laki-laki dan perempuan. Perempuan dewasa tidak terlatih memiliki lemak tubuh 26%, sedangkan laki-laki dewasa yang tidak terlatih memiliki lemak tubuh 15% , perbedaan ini mengakibatkan transpor oksigen (O_2) pada laki-laki lebih besar dari pada perempuan. Perbedaan VO_2 max dari laki-laki dan perempuan adalah sebesar 15%-30%.

3). Kebiasaan Merokok.

Rokok sangat berpengaruh terhadap daya tahan *cardiovascular* dan VO_2 max. Karena dalam asap rokok saja mengandung 4% karbon monoksida (CO). Sedangkan afinitas karbon monoksida (CO) pada hemoglobin (Hb) sebesar 200-300 lebih kuat dari pada oksigen O_2 . Ini berarti karbon monoksida (CO) lebih cepat mengikat hemoglobin (Hb) dibandingkan oksigen (O_2). Tubuh saat beraktivitas sangat memerlukan oksigen (O_2), jadi karbon monoksida (CO) akan menghambat pengangkutan oksigen (O_2) ke jaringan tubuh. Bila orang merokok sehari 10-12 maka hemoglobinya (Hb) mengandung 4,9% karbon monoksida (CO), sedangkan kadar oksigen (O_2) ke jaringan akan menurun sekitar 5%.

4). Genetika.

Faktor genetika ini adalah sifat bawaan dari kedua orang tuanya. Pengaruh keturunan ini kadang dilihat dari banyaknya serabut otot, yang berpengaruh terhadap daya tahan dan ketahanan otot. Seseorang yang memiliki serabut otot merah yang banyak akan lebih baik pada cabang olahraga yang sifatnya aerobik, sedangkan seseorang yang memiliki serabut otot putih yang banyak akan lebih baik pada cabang olahraga yang sifatnya anerobik. Jadi besarnya VO_2 max pada seseorang bisa diketahui dari faktor bawaan baik itu dilihat dari : banyaknya serabut otot dan tipe serabut otot.

b. Pernapasan atau Respirasi.

Prestasi olahraga tidak bisa terlepas dari faktor-faktor seperti : 1. kualitas fisik, 2. teknik dan 3. strategi. Salah satu aspek fisik yang diperlukan adalah aspek fisiologis diantaranya adalah sistem pernapasan (*respiratory*). Guyton (1983: 24) mengatakan bahwa seluruh aktivitas sistem pernapasan (*respiratory*) diperlukan untuk memenuhi kebutuhan metabolisme, meningkatkan ventilasi paru-paru untuk memenuhi kebutuhan oksigen (O_2) dan mengeluarkan karbondioksida (CO_2).

Pernapasan atau respirasi adalah peristiwa pengirupan udara dari luar yang mengandung oksigen (O_2) ke dalam tubuh serta menghembuskan udara yang banyak mengandung karbondioksida (CO_2) sebagai sisa dari oksidasi ke luar dari tubuh (Syaifuddin, 1997: 87). Sedangkan menurut Jusunul Hairry (1989 : 118), bernapas atau respirasi merupakan pertukaran gas yang terjadi antara organisme dengan lingkungan sekitarnya. Proses respirasi dapat dibagi menjadi 3 bagian yakni : pernapasan luar (*external respiration*), pernapasan dalam (*internal respiration*) dan pernapasan seluler (*seluler respiration*). Pernapasan luar artinya oksigen (O_2) dari udara luar masuk ke alveoli kemudian masuk ke darah. Pernapasan dalam artinya oksigen (O_2) dari darah masuk ke jaringan-jaringan dan pernapasan seluler adalah oksidasi biologis dimana oksigen (O_2) digunakan oleh sel-sel tubuh untuk menghasilkan energi, air dan karbon dioksida (CO_2).

Pada saat bernapas maka terjadi peristiwa penghirupan oksigen (O_2) (*inspirasi*) dan mengeluarkan karbondioksida (CO_2) disebut (*ekspirasi*), yang sangat berperan penting dalam proses ini adalah paru-paru (Setijono Hari, 2001: 26) . Dalam paru-paru terjadi pertukaran zat antara oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2), oksigen (O_2) ditarik dari udara dan masuk kedalam darah dan kemudian karbondioksida (CO_2) dikeluarkan dari dalam darah secara *osmosis*.

c. Mekanisme Pernapasan dan Otot-Otot Pernapasan.

Keluar masuknya udara dari saluran pernapasan ke paru-paru dimungkinkan karena adanya pengembangan (*ekspresi*) dan pengempisan (*inspirasi*). Dalam kerja paru-paru juga dipengaruhi adanya otot-otot yang meninggikan rangka dada disebut otot *inspirasi* dan otot-otot yang menurunkan rangka disebut otot *ekspirasi*.

Secara umum mekanisme pernapasan dapat dibagi menjadi dua tahapan (Guyton, 1983: 1) antara lain :

1). *Inspirasi*

Diaphragma merupakan otot yang paling utama untuk bernapas, merupakan lembaran-lembaran otot tipis yang bersinergi atau melekat pada iga terbawah dan dipersyarafi *nervus frenikus* yang berasal dari segmen 3, 4 dan 5. Bila diafragma berkontraksi akan terjadi mekanik sebagai berikut yakni : dimulai dari isi perut akan tertekan ke bawah, sehingga memperbesar verikal, sehingga tekanan dirongga dada mengecil, kemudian diikuti oleh tulang rusuk

yang bergerak ke arah atas dan ke luar. Pada pernapasan normal diafragma bergeser sekitar 1 cm tetapi pada *inspirasi* yang dipaksa dan *ekspirasi* yang tergolong menyimpangan dapat mencapai 10 cm.

2). *Ekspirasi*

Pada pernapasan normal *ekspirasi* merupakan pernapasan pasif, paru-paru dan dinding dada elastis dan cenderung untuk kembali pada posisi keseimbangan setelah ekspansi secara aktif selama inspirasi. Otot dinding abdomen merupakan otot yang paling penting untuk ekspirasi. Pada ekspirasi otot perut dan diafragma mengendor bergerak ke atas dan kembali cembung menonjol ke atas masuk ke rongga dada. Otot-otot di dinding depan perut menekan perut sehingga kedalaman perut mendorong diafragma ke arah kranial yakni ke dalam torak. Oleh karena itu volume rongga dada berkurang dan udara dalam paru-paru didorong keluar.

Otot-otot pernapasan menurut Junusul Hairy (1989:127) selama proses inspirasi otot-otot yang berperan yang dominan adalah otot-otot internal *intercostalis* karena, otot-otot ini dapat menaikkan tulang-tulang rusuk dan tulang dada sehingga rongga dada lebih menjadi besar. Selain itu otot yang berperan dalam inspirasi adalah otot *scalene* yang membantu untuk mengangkat tulang dada. Kemudian otot ekstensor pada punggung dan leher. Otot *trapezius* juga untuk membantu mempermudah *inspirasi*. Menurut Guyton dan Hall (1997) otot-otot pernapasan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, antara lain : (1) Kelompok otot-otot *inspirasi* yang terdiri dari : otot *diaphragma intercostalis eksterni*, *scaleni*, *sternocleidomastoideus seratus anterior*, *elepator*, *erectos trunchii* dan *trapezius*. Sedangkan otot *ekspresi* terdiri dari *rectus abdominalis*, *internal dan eksternal obliquis transversus abdominis*, *interncostalis*, *intern*, dan *seratus inferior posterior*.

d. Pertukaran Gas atau Difusi Oksigen (O₂) dan Karbondioksida (CO₂) Melalui Membran Respirasi.

Setelah udara alveolus ditukar dengan udara yang segar, langkah selanjutnya dalam proses respirasi adalah difusi oksigen (O₂) dari alveolus ke dalam darah paru-paru dan difusi karbondioksida (CO₂) dalam arah yang berlawanan yakni dari darah paru-paru ke dalam alveolus (Guyton, 1983:15-27).

Menurut Guyton, (1983:15-27) pertukaran Gas pada membran kapiler dengan alveolar dan kapiler dengan jaringan terjadi melalui proses difusi. Difusi dapat didefinisikan sebagai gerakan molekul tanpa aturan dalam hal ini molekul gas. Gerakan tanpa aturan ini

kadang-kadang dinamakan gerak *brownian* yang disebabkan oleh energi kinetik molekul. Gas cenderung berdifusi dari daerah yang berkonsentrasi tinggi ke arah yang konsentrasinya lebih rendah, atau karena adanya perbedaan tekanan.

Tekanan parsial yang terjadi dalam proses difusi yaitu :1). tekanan parsial oksigen (PO₂) dan 2). tekanan parsial karbondioksida (PCO₂) yang berkaitan dengan pertukaran gas. Gas terdiri dari molekul-molekul yang sangat kecil sekali, walaupun dipisahkan oleh jarak yang relatif jauh, kadang-kadang saling bertabrakan satu sama lain, karena memang sifat dari molekul yang selalu bergerak tanpa aturan. Gas menggunakan tekanannya tergantung kepada jumlah molekul-molekul yang bertabrakan (aktivitas molekul), sehingga makin banyak jumlah molekul yang bertabrakan (aktif) semakin besar pula tekanannya. Untuk menyatakan tekanan setiap gas di dalam campuran gas, seperti yang ada pada alveoli atau di dalam cairan, seperti darah, dipergunakan istilah tekanan parsial.

1). Tekanan Parsial Gas

Menurut Guyton, (1983:15-27) tekanan parsial gas terjadi karena gas cenderung berdifusi dari daerah yang berkonsentrasi atau bertekanan tinggi ke daerah yang konsentrasinya atau tekanannya lebih rendah. Oksigen (O₂) bergerak dari alveoli paru masuk ke darah yang tekanan oksigen (O₂) dalam alveoli paru lebih tinggi daripada tekanan oksigen (O₂) di dalam darah. Selanjutnya, karbondioksida (CO₂) bergerak dari darah masuk ke alveoli, apabila tekanan karbondioksida (CO₂) di dalam alveoli lebih kecil daripada tekanan karbondioksida (CO₂) di dalam darah. Proses ini sama dengan proses yang terjadi antara darah dan kapiler jaringan. Misalnya, karena terjadi metabolisme di dalam sel-sel jaringan, oksigen (O₂) digunakan (jadi tekanan oksigen menjadi rendah) dan karbon dioksida diproduksi (menyebabkan tekanan karbondioksida naik). Akibatnya, darah bergerak melewati sel-sel dan jaringan, oksigen (O₂) keluar dari darah dan masuk ke sel-sel dan jaringan, dan karbondioksida (CO₂) keluar dari sel-sel dan jaringan kemudian masuk ke dalam darah.

Molekul gas tidak mempunyai bentuk dan volume tertentu, dan selalu menyesuaikan diri terhadap bentuk dan volume dimana gas itu berada. Tekanan gas dapat meningkat dengan meningkatkan aktivitas sesetiap molekulnya. Apabila gas dipanaskan, *velositas* atau daya ledak

molekulnya meningkat, dan akibatnya tekanan meningkat.

2). Pertukaran Gas dalam Paru-paru.

Menurut Guyton, (1983:15-27) pada waktu istirahat, tekanan molekul oksigen (O_2) di dalam alveoli adalah sekitar 60 mm Hg. Lebih besar daripada tekanan pada pembuluh darah vena yang masuk ke kapiler pulmoner. Akibatnya, oksigen (O_2) larut dan berdifusi ke darah melalui membran kapiler. Karbondioksida (CO_2), dilain pihak, tekanannya sedikit lebih besar dari pada tekanan di alveoli. Karena itu terjadi difusi karbondioksida (CO_2) dari darah ke paru-paru. Walaupun perbedaan tekanan 60 mm Hg. Untuk difusi karbondioksida (CO_2) ini kecil bila dibandingkan dengan perbedaan tekanan oksigen (O_2) tetapi cukup memadai untuk mentransfer gas ini dalam keadaan larut.

Proses pertukaran gas ini begitu cepat pada paru-paru yang sehat sehingga keseimbangan antara gas dalam darah dan gas dalam alveolar dapat berlangsung dalam waktu kurang dari satu detik, atau pada pertengahan jalan darah menuju paru-paru. Sehingga pada waktu darah meninggalkan paru-paru, yang selanjutnya mengalir ke seluruh tubuh mengandung oksigen (O_2) dengan tekanan hampir 100 mm Hg, dan tekanan karbondioksida (CO_2) sekitar 40 mm Hg.

3). Transfer Gas di dalam Jaringan.

Menurut Guyton, (1983:15-27) di dalam jaringan, gas yang dikonsumsi di proses secara metabolisme. Pada waktu istirahat, Tekanan oksigen (PO_2) rata-rata di dalam cairan yang berada di luar sel otot, jarang di bawah 40 mm Hg. Pada waktu melakukan latihan berat, tekanan molekul oksigen (O_2) di dalam jaringan otot, mungkin jauh sampai sekitar 3 mm Hg, sedangkan tekanan karbondioksida (CO_2) mendekati 90 mm Hg. Perbedaan tekanan gas di dalam plasma dan jaringan menyebabkan terjadinya difusi. Oksigen (O_2) meninggalkan darah dan berdifusi ke sel-sel yang sedang melangsungkan metabolisme, dan pada saat itu juga karbondioksida (CO_2) mengalir dari sel-sel ke darah. Kemudian darah mengalir ke vena dan kembali ke jantung dan selanjutnya dikirim ke paru-paru. Begitu darah masuk ke kapiler paru-paru, dengan cepat pula difusi dimulai lagi.

Tubuh sendiri tidak berusaha mencoba untuk membersihkan karbondioksida (CO_2), tetapi sebaliknya pada saat darah meninggalkan paru dengan tekanan karbondioksida (PCO_2) 40 mm Hg, dimana masih terkandung sekitar 50 ml

karbondioksida (CO_2) untuk sesetiap 100 ml darah.

Dari pemaparan diatas mengenai, tekanan parsial baik tekanan parsial oksigen (PO_2), tekanan parsial karbondioksida (PCO_2) dan difusi gas pada jaringan alveoli. Menurut Guyton (1983:69) bahwa terjadi perbedaan tekanan parsial oksigen (PO_2) pada dataran rendah dan dataran tinggi. Pada dataran rendah atau di permukaan laut, memperlihatkan tekanan parsial oksigen (PO_2) adalah 159 mm Hg, sedangkan pada ketinggian 10.000 kaki kira-kira 110 mm Hg, dan pada ketinggian 50.000 kaki 18 mm Hg.

Tekanan parsial oksigen (PO_2) dalam jaringan alveolus mengalami penurunan pada dataran tinggi, bahkan lebih besar penurunannya dengan tekanan parsial oksigen (PO_2) atmosfer ini disebabkan karena efek karbondioksida (CO_2) dan uap air. Karbondioksida (CO_2) akan diekskresikan dari darah pada paru-paru ke alveolus, juga air akan menguap ke dalam rongga alveolus dari permukaan saluran pernapasan, oleh karena itu kedua gas ini akan mengencerkan kandungan oksigen (O_2) sedangkan nitrogen yang terdapat pada alveolus, juga menurunkan konsentrasi oksigen. Sedangkan pada tempat yang rendah (PO_2) alveolus tidak mengalami penurunan sedemikian besar seperti (PO_2) atmosfer.

Dengan adanya penurunan dengan tekanan parsial oksigen (PO_2) rendah maka penduduk yang tinggal di dataran tinggi, akan mengalami penyesuaian diri (aklimatisasi) terhadap keadaan tempat tinggalnya.

Transport Oksigen (O_2)

Oksigen (O_2) diangkut oleh plasma. Oksigen (O_2) berdifusi ke dalam plasma tidak mengalami reaksi kimia, oksigen (O_2) larut dalam plasma dan diangkut melalui pemecahan secara fisik. Jumlah yang dapat diangkut oleh plasma ini dalam keadaan normal, sangat sedikit. Di lain pihak, oksigen (O_2) yang berdifusi ke sel-sel darah merah bercampur secara kimiawi dengan hemoglobin (Hb) untuk membentuk apa yang dinamakan Oksihemoglobin (*oxyhemoglobin* - HbO_2). Proses pengikatan ini meningkatkan kapasitas darah untuk mengangkut oksigen sekitar 65 kali.

Salah satu fungsi sel darah merah adalah mengangkut oksigen (O_2) yang kebanyakan tergantung pada globular protein yaitu hemoglobin (Hb). Hemoglobin (Hb) adalah protein kompleks terdiri atas protein, globin dan pigmen heme (mengandung besi) (Syarifudin, 1997:57). Hemoglobin adalah protein yang kaya akan zat besi. Hemoglobin

(Hb) memiliki afinitas (daya gabung) terhadap oksigen dan dengan oksigen (O_2) membentuk oksihemoglobin di dalam sel darah merah. Oksigen (O_2) diangkut oleh darah ditentukan oleh banyaknya hemoglobin (Hb) yang ada di dalam sel darah merah. Ada lebih kurang 280 juta molekul globular protein hemoglobin (Hb), masing-masing dengan berat molekul 65.000 pada sesetiap sel darah merah (Nyayu Syamsiar Nangsari, 1988:2003).

Selain itu menurut Ganong (2003:513) hemoglobin (Hb) dapat artikan sebagai molekul yang berbentuk bulat yang terdiri dari 4 subunit. Sesetiap subunit mengandung satu bagian heme yang berkonjugasi dengan suatu polipeptida. Heme adalah suatu derivat porfirin yang mengandung besi. Polipeptida itu secara kolektif disebut sebagai, sebagian globin dari molekul hemoglobin(Hb). Ada dua pasang polipeptida didalam sesetiap molekul hemoglobin (Hb).

Komponen utama sel darah merah adalah protein hemoglobin yang mengangkut oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2) dan mempertahankan PH normal. Molekul-molekul hemoglobin (Hb) terdiri dari 2 pasang rantai polipeptida dan 4 gugus heme, masing-masing mengandung sebuah atom besi. Konfigurasi ini memungkinkan pertukaran gas yang sangat sempurna (Price, Sylvia. A dan Wilson, Lorraine. M, 1995:231).

Hemoglobin (Hb) merupakan senyawa pembawa oksigen (O_2) pada sel darah merah. Hemoglobin (Hb) dapat diukur secara kimia dan jumlah Hb/100 ml darah dapat digunakan sebagai indeks kapasitas pembawa oksigen (O_2) pada darah. Pengertian lain hemoglobin (Hb) adalah protein yang kaya akan zat besi. Hemoglobin (Hb) mempunyai afinitas terhadap oksigen (O_2) dan dengan oksigen (O_2) itu membentuk *oxihemoglobin* di dalam sel darah merah. Dengan melalui fungsi ini maka oksigen (O_2) dibawa dari paru-paru ke jaringan-jaringan (Pearce, Evelyn C, 1999:134).

3. Penutup

Simpulan.

1. Konsumsi oksigen maksimal (VO_2 maks) merupakan kemampuan tubuh untuk mengkonsumsi oksigen secara optimal dalam ukuran selang waktu tertentu, biasanya dalam satuan menit.
2. Faktor-faktor yang menentukan, konsumsi oksigen (O_2) maksimal (VO_2 max) adalah : (1) Jantung, paru-paru dan pembuluh darah harus berfungsi dengan baik, (2) Proses penyampaian oksigen (O_2) ke jaringan oleh sel darah merah harus

normal, (3) Jaringan otot harus memiliki kapasitas yang normal untuk mempergunakan oksigen (O_2) atau memiliki metabolisme yang normal, fungsi mitokondria harus normal

3. Faktor-faktor yang mempengaruhi VO_2 maks adalah usia, jenis kelamin, kebiasaan merokok, genetika, aktivitas fisik.
4. Pada saat bernapas maka terjadi peristiwa penghirupan oksigen (O_2) (*inspirasi*) dan mengeluarkan karbondioksida (CO_2) disebut (*ekspirasi*), di paru-paru. Dalam paru-paru terjadi pertukaran zat antara oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2), oksigen (O_2) ditarik dari udara dan masuk kedalam darah dan kemudian karbondioksida (CO_2) dikeluarkan dari dalam darah secara *osmosis*.

Saran

Untuk menjaga dan mempertahankan kemampuan Konsumsi oksigen maksimal (VO_2 maks) yang efektif, dengan melakukan kegiatan olahraga yang sistematis, terprogram dan berkelanjutan.

Rekomendasi

1. Bagi orang yang mengalami penyakit jantung dan paru-paru aktivitas fisik dapat dilakukan secara sistematis, terprogram dan atas rekomendasi dokter.
2. Agar kondisi tubuh selalu bugar dan sehat, berolahragalah yang baik dan benar

4. Daftar Pustaka

- BPPS Bali. 2004. *Bali Dalam Angka In Figures*. Denpasar : BPS Provinsi Bali.
- Djaja dan Doves. 2004. *ACSM (American College Of Sport Medicine)*. Jakarta : EGC.
- Fox, Merle L. Foss, Steven J. 1998. *Physiological Basis Of Exercise And Sport*. Sixth Edition. Dubuque Iowa : The Mc. Graw Hill Companies.
- Fox EL and Bower WR. 1993. *The Physiological Basic For Exercise And Sport 5th Ed* . WBC : Brown & Benchmark Publisher.
- Furqon. 1995. *Teori Umum Latihan*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret Perss
- Gallahue, D.L., dan Ozmun, J. C.1998. *Understanding Motor Development Infant Children, Adolescent, Adults*. USA : Mac Graw Hill Company.
- Ganong, William. F. 2003. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Jakarta : EGC

- Guyton A.C dan Hall John E. 1997. *Fisiologi Kedokteran*. Terjemahan Irawati Setiawan. Jakarta : EGC.
- Guyton A.C, 1983. *Fisiologi Kedokteran*, Jakarta : EGC.
- Junusul Hairy. 1989. *Fisiologi Olahraga*. Jakarta : Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan.
- Kathleen Liwijaya Kuntaraf dan Jonathan Kuntaraf. 1992. *Olahraga Sumber Kesehatan*. Bandung : advent Indonesia.
- Lamb. DR. 1984. *Physiology Basis Of Exercise Responses And Adaptions*. Canada : Mac Milk Publishing Company.
- Nala, Ngurah. 1992. *Kumpulan Tulisan Olahraga*. Denpasar : KONI Propinsi. Bali.
- Nyayu Syamsiar Nangsari. 1988. *Pengantar Fisiologi Manusia*. Jakarta : Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan.
- Pate, Russell.R; Bruce McClenaghan; dan Robert Rotella,. 1993. *Dasar-dasar Ilmiah Kepeleatihan*. Terjemahan Kasio Dwijowianto. Semarang : IKIP Semarang Press.
- Pearce, Evelyn C. 1999. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Terjemahan Sri Yuliani Handoyo. Jakarta : Gramedia.
- Price, Sylvia.A dan Wilson. Lorraine.M. 1995. *Patofisiologi Konsep Klinis Proses-Proses Penyakit*. Terjemahan Peter Anugerah. Jakarta : EGC.
- Setijono, Hari. 2001. *Fitness*. Surabaya : Unesa University Press.
- Soekarman. 1987, *Dasar Olahraga*, Jakarta : PT Inti Idayu Press.
- Syaifudin. 1997. *Fisiologi Untuk Perawat*. Jakarta : EGC