

Adaptasi Sistem Pernapasan Terhadap Latihan

Oleh: Yudik Prasetyo, S.Or.

Pendahuluan

Manusia dapat bertahan hidup berminggu-minggu tanpa makan, beberapa hari tanpa minum. Namun tanpa bernapas, manusia hanya akan dapat bertahan beberapa menit saja. Bernapas adalah proses pengambilan oksigen dan pengeluaran karbondioksida dengan kembang kempisnya paru, sehingga proses metabolisme di dalam tubuh kita dapat berjalan dengan baik.

Tubuh kita mempunyai daya pertahanan untuk menjaga agar paru dan saluran napas kita dapat berfungsi dengan baik. Mekanisme ini kita sebut sebagai “mekanisme pertahanan paru” yang terdiri dari: bentuk anatomis saluran napas, berupa saluran napas yang berbelok-belok; reflek batuk, upaya paru untuk mengeluarkan apa saja yang ada/masuk ke dalam partikel yang mencapai permukaan alveoli. Bila mekanisme pertahanan paru ini baik, maka bahan yang bersifat infeksi dapat dikeluarkan dan bila mekanisme ini tidak berjalan dengan baik maka dapat terjadi infeksi paru berulang. Di samping peran paru dan saluran napas, juga sangat penting peran rongga dada dan otot-otot yang menyelaputinya.

Otot pernapasan adalah otot yang menambah ukuran rongga dada terdiri dari: diafragma, otot yang menyekati rongga dada dan rongga perut; otot di antara tulang iga; otot tertentu di leher. Otot pernapasan ini berfungsi pada saat memasukkan dan mengeluarkan napas. Bila kita mengembangkan dada, berarti otot pernapasan berkontraksi, diafragma akan menekan rongga perut, mengakibatkan rongga dada membesar dan udara masuk ke dalam paru, sebaiknya bila dada mengempis udara keluar dari paru.

Gerak yang diaplikasikan dalam bentuk latihan olahraga seperti telah menjadi rutinitas, bahkan dijadikan gaya hidup. Dengan alasan meningkatkan kesehatan, kekuatan, ketahanan, kelentukan, kelincihan, dan kecepatan. Bila latihan dilakukan secara teratur dan sesuai dengan cara berlatih, maka diharapkan ada perubahan yang menunjang tujuan dari latihan.

Disamping itu perlu pula untuk mengetahui cara-cara mempertahankan perubahan perubahan tersebut sehingga tidak perlu dilatih seperti awal. Oleh karena latihan-latihan yang dikerjakan terutama untuk otot dan paru, maka akan terlihat perubahan-perubahan pada kedua alat tersebut.

Latihan olahraga yang biasa kita kerjakan adakalanya terutama bersifat aerobik dan anaerobik. Keduanya memiliki sistem energi yang berbeda. Aerobik dan anaerobik sangat erat kaitannya dengan ventilasi sistem pernapasan.

Latihan

Menurut pendapat Fox (1993: 693) bahwa latihan adalah suatu program latihan fisik untuk mengembangkan seorang atlet dalam menghadapi pertandingan penting. Peningkatan kemampuan ketrampilan dan kapasitas energi diperhatikan sama.

Banyak pendapat yang dikemukakan oleh beberapa ahli tentang definisi tentang latihan. Inti dari keseluruhan adalah kerja fisik yang sistematis dan teratur dengan latihan yang terprogram. Latihan fisik sebaiknya dilakukan sesuai dengan kemampuan tubuh dalam menanggapi tekanan yang diberikan, bila tubuh diberi beban latihan yang terlalu ringan, maka akan terjadi proses adaptasi. Demikian juga bila diberikan beban yang terlalu berat, tubuh tidak akan mampu mentolerir, akan menyebabkan terjadinya proses homeostatis pada system tubuh dan dapat mengakibatkan kerusakan pada jaringan. (Sugiharto, 2004: 4).

Seseorang yang melakukan latihan, maka dalam tubuhnya akan terjadi peningkatan

kekuatan, ketahanan dan terdapat perubahan dalam mekanisme otot, serta organ tubuh. Setiap latihan membutuhkan energi, sumbernya adalah ATP PC, system asam laktat dan system aerobic. Latihan yang kita lakukan ada kalanya terutama bersifat anaerobik dan aerobik. Supaya dapat mempersiapkan sistem energi yang digunakan dalam latihan, maka perlu diketahui sistem energi yang digunakan dalam olahraga tersebut. Setelah diketahui system energi yang predominan, maka dipilih macam latihan yang meningkatkan energi yang dibutuhkan . Energi yang dikeluarkan pada usaha maksimal berasal dari sistem fosfagen (ATP PC). Latihan yang memakan waktu kurang dari 3 menit lebih tergantung pada mekanisme anaerobik. Kekuatan anaerobik tergantung dari persediaan energi ATP-PC dan pembentukan asam laktat. Pembentukan asam laktat tergantung dari persediaan glikogen dan nilai ambang anaerobik. Untuk meningkatkan kapasitas anaerobik maka diberikan latihan dengan beban maksimum dengan istirahat 4-5 menit. Untuk kekuatan dan ketahanan aerobik diperlukan otot-otot yang mempunyai kapasitas oksidasi yang tinggi dan pengangkutan O₂ yang cukup dari paru dengan pertolongan jantung ke otot. Untuk aktifitas aerobik ini diperlukan persediaan energi berupa lemak dan karbohidrat. Pada latihan ringan maka sebagian besar energi berasal dari pembakaran lemak, lebih berat pekerjaan itu maka energi yang dibutuhkan lebih tergantung pada karbohidrat. Setelah predominan energi sistem diketahui, maka kita harus tahu prinsip latihan aerobik dan anaerobik.

Faktor Latihan	Aerobik	Anaerobik
Intensitas	Denyut nadi 80% dari jantung maksimal	Maksimum atau mendekati maksimum
Frekuensi	4-5 per minggu	3 kali per minggu
Sesion	1 Kali	1 Kali
Lama	12-16 minggu atau lebih lama	8-10 minggu
Jarak	3-5 mil	1 ½-2 mil

Sumber: (Fox, 1993: 296)

Latihan Aerobik

Olahraga aerobik (dengan oksigen) melibatkan kelompok-kelompok otot besar dan dilakukan dengan intensitas yang cukup rendah serta dalam waktu yang cukup lama, sehingga sumber-sumber bahan bakar dapat diubah menjadi ATP dengan menggunakan siklus asam sitrat sebagai jalur metabolisme predominan. Olahraga aerobik dapat dipertahankan dari lima belas sampai dua puluh menit hingga beberapa jam dalam sekali latihan. (Sherwood, 2001:34).

Latihan Anaerobik

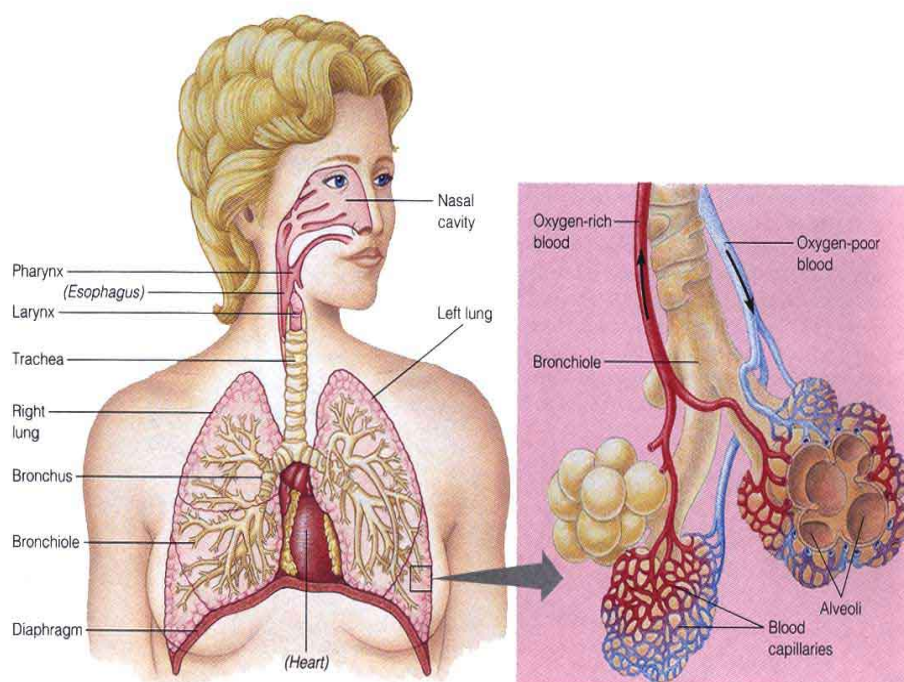
Latihan yang meningkatkan persediaan ATP-PC dalam otot, peningkatan kadar glikogen maupun peningkatan nilai ambang anaerobik dengan cara pembentukan asam laktat yang lebih sedikit pada beban yang sama maupun ketahanan terhadap keasaman yang disebabkan asam laktat. (Soekarman, 1987: 49).

Sistem Pernapasan Manusia

Pada manusia, organ pernapasan utamanya adalah paru-paru (pulmo) dan dibantu oleh alat-alat pernapasan lain. Menurut Guyton (1995) jalur udara pernapasan untuk menuju sel-sel tubuh adalah:

Rongga hidung > faring (rongga tekak) > laring > trakea (batang tenggorok) > bronkus > paru-paru > alveolus > sel-sel tubuh.

1. Alat Pernapasan Manusia



Gambar : Sistem respirasi pada manusia (kiri) dan struktur alveolus (kanan). (Sumber : Campbell et al. 1999).

1.a) Rongga Hidung

Rongga hidung merupakan tempat yang paling awal dimasuki udara pernapasan. Udara pernapasan masuk melalui lubang hidung menuju rongga hidung yang dilengkapi dengan rambut-rambut kecil (silia) dan selaput lendir yang berguna untuk menyaring debu, melekatkan kotoran pada rambut hidung, mengatur suhu udara pernapasan, maupun menyelidiki adanya bau udara. Rongga hidung berhubungan pula dengan tulang dahi, tulang ayak, kelenjar air mata, telinga bagian tengah, serta rongga mulut. Itulah sebabnya kita dapat pula bernapas melalui mulut. Namun, sebaiknya dalam keadaan normal bempaslah melalui hidung.

1.b) Faring

Dari rongga hidung, udara pernapasan menuju faring. Faring (rongga tekak) merupakan rongga pertigaan ke arah saluran pencernaan (esofagus), saluran pernapasan (batang tenggorok), dan saluran ke rongga hidung. Pada peristiwa tersedak saat makan sambil berbicara, terjadi gerakan refleks untuk mengeluarkan kembali benda atau makanan yang masuk ke saluran pernapasan. Namun, mekanisme menelan dan bempas ini telah diatur sedemikian rupa dengan semacam katup epiglotis serta gerakan laring (ke atas) sewaktu menelan, sehingga saluran ke rongga hidung (saluran pernapasan) tertutup rapat-rapat.

1.c) Laring

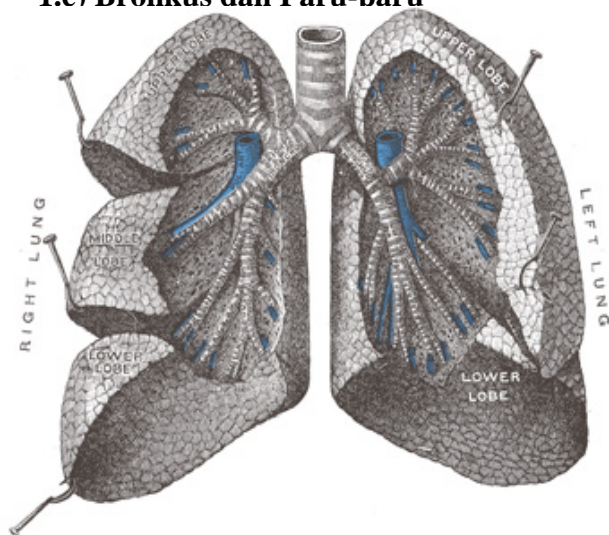
Dari faring, udara masuk ke laring. Dalam laring terdapat selaput suara yang ketegangannya diatur oleh serabut-serabut otot sehingga dapat menghasilkan tinggi rendahnya nada suara yang diperlukan. Keras lemahnya suara ditentukan oleh aliran udara yang melewati selaput suara.

1.d) Trakea

Dinding batang tenggorok (trakea) dan dinding bronkus (cabang batang tenggorok) terdiri atas tiga lapisan sel, berturut-turut dari dalam adalah lapisan epitelium (bersilia dan berlendir), lapisan tulang rawan dengan otot polosnya, serta lapisan terluar yang terdiri dari jaringan

pengikat. Batang tenggorok (trakea) terletak di daerah leher di depan kerongkongan (esofagus) dan merupakan pipa yang terdiri dari gelang-gelang tulang rawan. Bagian pangkal selalu dalam keadaan terbuka. Di daerah dada, trakea bercabang dua, ke kiri dan ke kanan, disebut bronkus (cabang batang tenggorok). Tempat percabangan ini disebut *bifurkasi*.

1.e) Bronkus dan Paru-paru



Cabang-cabang batang tenggorok (bronkus) masuk ke dalam paru-paru. Paru-paru (*pulmo*) terletak di dalam rongga dada di kanan dan kiri jantung. Paru-paru kiri berlobus dua dengan ukuran lebih kecil daripada paru-paru kanan yang berlobus tiga. Di dalam paru-paru, bronkus sebelah kanan bercabang tiga, sedangkan bronkus sebelah kiri bercabang dua, sama jumlahnya dengan jumlah lobus paru-paru. Paru-paru sebelah kanan terdiri atas tiga kelompok alveolus dan merupakan tiga belahan (tiga lobus). Sedangkan paru-paru sebelah kiri terdiri atas dua kelompok alveolus dan merupakan dua belahan paru-paru (dua lobus). Bronkus yang ke kiri posisinya lebih "mendatar" dibandingkan yang kanan. Cabang bronkus disebut bronkiolus.

1.f) Bronkiolus dan Alveolus

Dari bronkus, udara masuk ke cabang bronkus yang semakin halus lagi, disebut bronkiolus. Bronkiolus berakhir sebagai gelembung-gelembung udara yang dinding luarnya mempunyai gelembung-gelembung halus yang disebut *alveolus*. Alveolus diselubungi oleh pembuluh darah kapiler tempat terjadinya difusi O_2 dan CO_2 .

Paru-paru manusia mempunyai ± 300 juta alveolus. Gelembung-gelembung alveolus inilah yang menyebabkan luas permukaan difusi udara pada paru-paru menjadi 50 X luas permukaan kulit tubuh ($\pm 70 m^2$). Dinding alveolus sangat elastis, terdiri atas satu lapis sel yang di beberapa tempat terbuka untuk memudahkan difusi udara dengan kapiler darah. Sementara itu, dinding bronkiolus tipis, tidak bertulang rawan maupun bersilia.

Gerakan kembang kempisnya paru-paru terjaga dari gesekan karena adanya cairan limfa di antara kedua selaput pembungkus paru-paru atau *pleura*. Selaput sebelah dalam disebut *pleura viseralis* atau pleura paru-paru, sedangkan selaput sebelah luar disebut *pleura parietalis* atau pleura dinding rongga dada. Tekanan pada rongga pleura atau intratoraks lebih kecil daripada tekanan udara luar ($\pm 3-4 mmHg$).

2. Proses Pernapasan

Proses pengambilan udara masuk ke dalam tubuh disebut *inspirasi* atau menarik napas, sedangkan pengeluaran udara dari dalam tubuh disebut *ekspirasi* atau menghembuskan napas.

3. Mekanisme Pernapasan

Dikenal dua macam mekanisme pernapasan, yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut.

3.a) Pernapasan Dada

Pernapasan dada terjadi karena gerakan tulang-tulang rusuk oleh otot-otot antar rusuk (interkostal). Inspirasi terjadi jika otot-otot antarrusuk berkontraksi sehingga tulang-tulang rusuk terangkat ke atas, demikian pula tulang dada ikut terangkat ke atas. Akibatnya, rongga dada membesar. Membesarnya rongga dada menyebabkan paru-paru ikut membesar, akibatnya tekanan udara dalam paru-paru berkurang sehingga udara luar masuk.

Sebaliknya, ekspirasi terjadi jika otot-otot antar rusuk relaksasi, yaitu tulang rusuk dan tulang dada turun kembali pada kedudukan semula sehingga rongga dada mengecil. Oleh karena volume paru-paru berkurang maka tekanan udara dalam paru-paru bertambah; akibatnya udara keluar.

3.b) Pernapasan Perut

Pernapasan perut terjadi karena gerakan otot diafragma (sekat rongga badan yang membatasi rongga dada dan rongga perut). Inspirasi terjadi jika otot diafragma berkontraksi sehingga letaknya agak mendatar; berarti mendesak rongga perut hingga ± 5 cm ke bawah. Oleh karena rongga dada membesar maka paru-paru ikut membesar. Akibatnya, tekanan udara dalam paru-paru berkurang sehingga udara luar masuk.

Sebaliknya, ekspirasi terjadi jika otot diafragma mengendur kembali pada kedudukan semula, sehingga rongga dada mengecil dan paru-paru pun ikut mengecil. Oleh karena volume paru-paru berkurang, tekanan udara dalam paru-paru bertambah akibatnya udara keluar.

Jadi, jelaslah bahwa aliran udara dalam alveolus terjadi karena perbedaan tekanan udara bebas dengan tekanan udara dalam alveolus. Perbedaan tekanan tersebut di sebabkan oleh perubahan volume rongga dada dan rongga perut dengan adanya gerakan kontraksi dan relaksasi otot interkostalis, otot diafragma, dan otot perut. Perbedaan tekanan udara paru-paru dibandingkan tekanan udara luar pada akhir ekspirasi adalah lebih tinggi ± 2 sampai 3 mmHg, sedangkan pada saat inspirasi dimulai, perbedaannya lebih rendah ± 1 sampai 2 mmHg.

4. Volume Udara Pernapasan dalam Paru-paru

Dalam keadaan normal, volume udara inspirasi dan udara ekspirasi ± 500 ml disebut udara pernapasan atau *volume tidal*. Volume tidal dapat berubah, tergantung aktivitas tubuh. Dari 500 ml udara tersebut pada umumnya 350 ml sampai di paru-paru, sedangkan yang 150 ml sampai di saluran pernapasan saja. Dengan menarik napas dalam-dalam, para olahragawan dapat menambah udara cadangan inspirasi (udara komplementer) ± 1500 ml, demikian pula menambah cadangan ekspirasi (udara suplementer) ± 1500 ml juga. Sementara itu, ± 1000 ml udara sisa yang selalu berada dalam paru-paru tidak dapat diekspirasikan, disebut *udara residu*.

Volume udara pernapasan kita antara 500 ml - 3500 ml, yaitu 500 ml volume tidal ditambah 1500 ml udara suplementer. Jumlah udara pernapasan 3500 ml inilah yang disebut *kapasitas vital paru-paru*. Kapasitas vital seseorang tidak sama, ada yang mencapai ± 4000 ml karena dapat menambah udara cadangan ekspirasi (udara suplementer) hingga 2000 ml, tergantung dari kondisi tubuh dan latihan pernapasan dalam-dalam yang dilakukannya setiap hari.

Kapasitas vital paru-paru ditambah udara residu disebut *kapasitas total*. Alat untuk mengukur kapasitas vital paru-paru disebut *spirometer*. Kapasitas vital seorang laki-laki sehat rata-rata 3,5 liter.

5. Gas O₂ dan CO₂ dalam tubuh

Oksigen (O₂) sangat diperlukan dalam semua kegiatan tubuh. Oleh karena itu, pemasukan oksigen dari luar ke dalam tubuh tidak boleh terhenti. Pada penderita tetanus, untuk memenuhi keperluan oksigennya sering dilakukan trakeostomi, yaitu pengeboran batang tenggorok (trakea) yang langsung dihubungkan dengan udara luar.

Difusi oksigen dari paru-paru ke sel-sel jaringan tubuh terjadi akibat perbedaan tekanan O₂. Pada waktu tekanan udara luar satu atmosfer (760 mmHg), besarnya tekanan oksigen di paru-paru ±150 mmHg (± seperlimanya). Tekanan dalam arteri ±100 mmHg, dan di vena ± 40 mmHg. Tekanan O₂ di jaringan 0-40 mmHg, maka oksigen dapat berdifusi ke sel-sel jaringan tubuh.

Pada saat tekanan oksigen dalam arteri 100 mmHg, setiap 100 ml darah dapat mengangkut 19 ml O₂. Dari 19 ml O₂ tersebut, 12 ml oksigen ikut terbawa darah dalam vena, sedangkan yang 7 ml disampaikan ke sel-sel jaringan tubuh. Jadi seorang laki-laki dengan 5 liter darahnya dapat menyampaikan 350 ml oksigen setiap satu kali beredar.

Dalam keadaan biasa, kita memerlukan oksigen ± 300 liter sehari semalam atau liter tiap menitnya. Jumlah ini bertambah apabila aktivitas tubuh juga meningkat.

Pengangkutan oksigen dalam tubuh dilakukan oleh plasma darah dan hemoglobin. Sebagian besar oksigen diangkut oleh Hb (hemoglobin) dalam bentuk *oksimioglobin* (tersimpan dalam otot) dan *oksihemoglobin* (tersimpan dalam darah merah); hanya 2-3% saja oksigen yang larut dalam plasma. Hemoglobin dapat mengikat dan melepaskan oksigen dalam reaksi bolak-balik sebagai berikut.



Difusi CO₂ dari jaringan ke aliran darah dan paru-paru juga disebabkan oleh perbedaan tekanan CO₂. Tekanan karbon dioksida (CO₂) dalam jaringan ± 60 mmHg, dalam vena 47 mmHg, dalam arteri 41 mmHg, sedangkan tekanan CO₂ dalam alveolus 35 mmHg. Oleh karena itu, CO₂ dalam jaringan akan diangkut ke alveolus dalam paru-paru. Dalam keadaan biasa, tubuh kita menghasilkan 200 ml karbon dioksida perhari.

Pengangkutan CO₂ dapat kita golongkan menjadi tiga cara, yaitu sebagai berikut:

- 1). Kurang lebih 5% CO₂ tersebut larut dalam plasma membentuk asam karbonat dalam reaksi sebagai berikut:
$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$$

Akibatnya, pH darah menjadi 7,35 dan bersifat asam, tetapi asam ini dapat dinetralkan oleh ion natrium serta kalium dalam darah.
- 2). Pengangkutan karbon dioksida yang kedua berbentuk senyawa karbomino, yaitu CO₂ berdifusi ke dalam sel darah merah dan berikatan dengan Amin NH₂ (protein dari Hb). Dengan cara ini, ± 30% dari CO₂ dapat diangkut.
- 3). Selebihnya, ± 65% (yang terbanyak) pengangkutan CO₂, dalam bentuk ion bikarbonat HCO₃⁻ melalui proses berantai yang disebut pertukaran klorida. Karbon dioksida masuk ke dalam sel darah merah dan terjadilah reaksi kimia bolak-balik yang dipercepat oleh enzim karbonat anhidrase dalam darah.

6. Kecepatan Pernapasan

Kecepatan pernapasan (frekuensi pernapasan) dipengaruhi oleh jenis kelamin, umur, suhu tubuh, posisi tubuh maupun kegiatan. Frekuensi pernapasan pada orang dewasa normal dan sehat

berkisar antara 15 - 20 permenit. Pada kaum pria, frekuensi pernapasan ini lebih kecil daripada frekuensi pernapasan pada wanita. Jadi, pernapasan wanita lebih cepat daripada pernapasan laki-laki. Semakin tua umur seseorang, frekuensi pernapasan semakin berkurang atau semakin lamban. Semakin tinggi tubuh semakin meningkat frekuensi pernapasan. Frekuensi pernapasan orang yang berbaring lebih rendah daripada orang yang duduk atau berdiri. Demikian pula orang yang tidak melakukan kegiatan (sedang beristirahat) frekuensi pernapasannya lebih rendah daripada orang yang bekerja keras. Kekurangan O_2 menyebabkan kecepatan pernapasan bertambah, sedangkan bila konsentrasi CO_2 bertambah kecepatan pernapasan bertambah pula.

Gerakan pernapasan diatur oleh sistem saraf pusat pada *medulla oblongata* (sumsum penyambung) yang terdiri dari pusat inspirasi dan pusat ekspirasi. Kedua pusat ini bekerja bergantian sehingga terjadi ritme pernapasan. Saraf pusat juga dapat mempengaruhi dalamnya pernapasan, meskipun terbatas. Misalnya bila kita menahan atau berhenti bernapas sampai batas waktu tertentu. dari frekuensi pengeluaran impuls dari paru jantung.

Adaptasi Sistem Pernapasan Terhadap Latihan

Bekerja dan bergerak merupakan fungsi tubuh. Untuk bekerja dan bergerak diperlukan energi. Energi diperoleh tubuh dari pembakaran zat makanan oleh oksigen. Untuk memperoleh zat makanan, orang cukup hanya dengan makan sehari tiga kali. Hal ini disebabkan karena zat makanan dapat disimpan dalam sel-sel tubuh dalam jumlah yang cukup. Lain halnya dengan oksigen yang tidak dapat disimpan. Oksigen harus selalu diambil dari udara dengan perantaraan paru, darah dan sistem peredaran darah. Pada taraf kerja tertentu diperlukan sejumlah oksigen tertentu. Makin tinggi taraf kerja, yang berarti makin banyak jumlah energi yang diperlukan, makin banyak pula jumlah oksigen yang diperlukan. Kemampuan tubuh untuk menyediakan oksigen, disebut kapasitas aerobik, terutama bergantung kepada fungsi sistem pernapasan, darah dan sistem kardiovas- kuler. .

Dalam pembentukan energi, terdapat dua macam proses yang dapat ditempuh, yaitu proses aerobik, proses yang memerlukan oksigen; dan proses anaerobik, proses yang tidak memerlukan oksigen. Pada proses aerobik terjadi proses pembakaran yang sempurna. Atom hidrogen dioksidasi menjadi H_2O dan atom karbon dioksidasi menjadi CO_2 . Sisa metabolisme tersebut dikeluarkan dari tubuh melalui proses pernapasan. Energi yang diperoleh dari proses aerobik ini tidak dapat langsung digunakan otot sebagai sumber energi untuk mengerut. Energi tersebut dengan proses lebih lanjut digunakan untuk sintesis ATP (adenosine triphosphate) dan senyawa-senyawa berenergi tinggi yang lain. Senyawa-senyawa tersebut merupakan senyawa yang dapat menyimpan energi dalam jumlah yang besar. Proses pemecahannya yang tidak memerlukan oksigen dengan menghasilkan energi yang besar itu merupakan proses anaerobik. Energi yang dihasilkan dari pemecahan ATP ini dapat digunakan sebagai sumber energi untuk mengerut oleh otot (2,3). Proses aerobik dan proses anaerobik tersebut dalam tubuh selalu terjadi bersama-sama dan berurutan. Hanya berbeda intensitasnya pada jenis dan tahap kerja tertentu. Pada kerja berat yang hanya berlangsung beberapa detik saja, dan pada permulaan kerja pada umumnya, proses anaerobik lebih menonjol daripada proses aerobik. Pada keadaan kerja tersebut, sistem kardiopulmonal belum bekerja dengan kapasitas yang diperlukan. Untuk penyesuaiannya, diperlukan waktu. Dengan demikian oksigen yang tersedia tidak mencukupi. Maka keperluan akan energi terutama dicukupi dengan proses anaerobik. Pada keadaan kerja tersebut terdapat "hutang" oksigen. "Hutang" ini akan dibayar sesudah berhenti bekerja, sehingga orang sesudah

berhenti bekerja masih terengah-engah dan denyut jantungnya masih cepat. Bila pekerjaan diteruskan dengan taraf kerja yang tetap, refleks-refleks tubuh akan mengatur fungsi sistem kardiopulmonal untuk mencukupi jumlah oksigen yang diperlukan, sehingga dicapai kerja *steady-state*. Pada kerja *steady-state* ini jumlah oksigen yang diperlukan tetap jumlahnya dari waktu ke waktu (2,3). Bila taraf kerja ditingkatkan lagi dengan menambah beban kerja, pada saat ditingkatkan tersebut terjadi "hutang" oksigen lagi dan kembali proses anaerobik lebih menonjol. Dan bila taraf kerja dipertahankan lagi pada taraf yang baru ini, akan terjadi lagi kerja *steady-state* tetapi pada taraf yang lebih tinggi. Jumlah oksigen yang diperlukan pada taraf kerja yang lebih tinggi ini juga lebih besar. Bila taraf kerja dinaikkan secara bertahap demikian dengan setiap kali menambah beban kerja, suatu saat seluruh kapasitas sistem kardiopulmonal terpaksa dikerahkan untuk memenuhi keperluan akan oksigen. Dalam hal demikian berarti kapasitas aerobik maksimal telah dicapai. Bila beban kerja dinaikkan lagi, tubuh tidak dapat lagi menambah persediaan oksigen. Maka kembali proses anaerobik akan lebih menonjol daripada proses aerobik. Taraf kerja demikian tidak boleh dipertahankan dalam waktu yang cukup lama (beberapa menit) karena persediaan tenaga dalam tubuh akan habis dan orangnya mengalami *exhaustion* (2). Proses anaerobik merupakan proses oksidasi yang tidak sempurna. Salah satu sisa metabolismenya ialah asam laktat. Maka bila proses anaerobik meningkat, kadar asam laktat darah juga meningkat.

Fungsi pernapasan agar baik, berolahraga merupakan cara yang sangat baik untuk meningkatkan vitalitas fungsi paru. Olahraga merangsang pernapasan yang dalam dan menyebabkan paru berkembang, oksigen banyak masuk dan disalurkan ke dalam darah, karbondioksida lebih banyak dikeluarkan. Seorang sehat berusia 50-an yang berolahraga teratur mempunyai volume oksigen 20-30% lebih besar dari orang muda yang tidak berolahraga. Bila seseorang mempunyai volume oksigen yang lebih banyak maka peredaran darahnya lebih baik, sehingga otot-otot mendapatkan oksigen lebih banyak dan dapat melakukan berbagai aktivitas tanpa rasa letih. Sudah diketahui banyak faktor yang dapat mengganggu kesehatan paru. Bahaya yang ditimbulkan berupa rusaknya bulu getar di saluran napas, sehingga fungsi pembersihan saluran napas terganggu. Bahan kimia tersebut juga dapat merusak sel-sel tertentu di alveola yang sangat penting dalam pertahanan paru dan mengubah tatanan normal sel-sel di paru, sehingga dapat menjurus menjadi kanker paru, serta menurunkan kemampuan/fungsi paru, sehingga menimbulkan gejala sesak napas/ napas pendek (Alan Stull, 1980).

Seseorang apabila ingin hidup sehat, maka harus selalu menjaga kesehatan paru: jagalah stamina dengan berolahraga teratur, cukup istirahat, makanan yang bergizi, hindarilah menghisap rokok. Bernafas merupakan satu kesatuan yang tak terpisahkan dan merupakan aktivitas rutin yang selalu dilakukan oleh individu. Beda kemampuan yang dimiliki tiap individu, tak menjadikan alasan untuk tidak melakukan dua aktivitas tersebut. Jaringan, organ dan sistem yang ada pada tubuh manusia bekerja sama untuk mendukung setiap organisme, agar dapat melaksanakan tugasnya.

Dengan latihan olahraga, maka perubahan yang terjadi sehubungan dengan adaptasi dari sistem pernapasan adalah sebagai berikut:

1. Pemakaian oksigen sangat meningkat, karena otot yang aktif mengoksidasi molekul nutrien lebih cepat untuk memenuhi peningkatan kebutuhan energinya.
2. Produksi karbondioksida sangat meningkat karena otot yang lebih aktif melakukan metabolisme memproduksi lebih banyak karbondioksida
3. Ventilasi alveolus sangat meningkat.
4. Penyaluran oksigen ke otot sangat meningkat.

5. Pengurangan karbondioksida dari otot sangat meningkat
6. Frekuensi pernapasan juga sangat meningkat

Daftar Pustaka

Alan Stull. (1980) *Encyclopedia of Physical Education, Fitness, and Sport*, Utah: Brighton Publishing Company.

Fox, E.L, Bowers R.W, dan Foss, M.L. (1993). *The Physiological Basis For Exercise and Sporth*, fifth edition. Iowa: Brown & Benchmark Publisher.

Guyton. (1995). *Fisiologi Manusia dan Mekanisme Penyakit*. Alih Bahasa: Petrus Andrianto. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Sherwood L, (2001). *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem*, alih bahasa Brahm U. Pendit. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC

Soekarman. (1987). *Dasar Olahraga untuk Pembina, Pelatih dan Atlet*. Jakarta: Inti Idayu Press