

## **PERANAN OLAHRAGA TERHADAP KAPASITAS KARDIORESPIRASI**

**Lismadiana**  
**[lismadiana@uny.ac.id](mailto:lismadiana@uny.ac.id)**

**Abstrak.** Pertambahan umur seseorang mengakibatkan terjadi penurunan kemampuan secara fisik maupun fisiologis. Seseorang cepat tampak tua atau tampak awet muda tergantung dari cepat atau lambatnya kemunduran kondisi fisik dan mentalnya. Penurunan kemampuan tersebut dapat berlangsung secara cepat ataupun lambat semuanya dipengaruhi oleh kegiatan fisik yang dilakukan.

Penurunan kapasitas fungsi organ-organ tubuh manusia salah satunya disebabkan oleh menurunnya daya tahan kardiorespirasi sebagai akibat menurunnya fungsi jantung dan paru-paru yang merupakan organ vital untuk menggerakkan seluruh sistem yang terdapat dalam tubuh manusia.

Aktivitas fisik (olahraga) sangat berpengaruh terhadap terpeliharanya kapasitas organ-organ faal (fungsi) tubuh. Dengan melakukan olahraga secara teratur akan mengakibatkan (1). Meningkatnya ukuran jantung, (2). Menurunnya denyut nadi, (3). Meningkatnya isi sekuncup (stroke volume), (4). Meningkatnya volume darah dan hemoglobin, (5). Perubahan kepadatan kapiler dan hypertrophy otot. Sedangkan perubahan yang terjadi pada system reputasi yaitu: (1). Peningkatan ventilasi semenit maksimal, (2). Peningkatan efisiensi ventilatori, (3). Peningkatan berbagai macam volume dalam paru-paru, (4). Peningkatan kapasitas difusi.

**Kata-kata Kunci:** Aktivitas fisik (olahraga), teratur, kapasitas kardiorespirasi

Tubuh manusia dirancang untuk bergerak dalam melakukan aktivitas fisik, latihan olahraga merupakan bagian dan aktivitas fisik yang tumbuh dan berkembang sejalan dengan pertumbuhan dan perkembangan fungsi-fungsi organ yang ada di dalam tubuh untuk mendukung pelaksanaan aktivitas dalam hidup manusia. Tak terkecuali aktivitas olahraga.

Ditinjau dari segi sifatnya, kemampuan fisik selalu mengalami perubahan dalam sepanjang hidup, mula-mula bersifat meningkat tetapi setelah mencapai puncak peningkatan dalam kurun waktu tertentu akan mengalami penurunan. Dari segi ukuran kemampuan fisik manusia mula-mula kecil dan pendek, kemudian makin besar dan tinggi akhirnya menyusut menjadi sedikit kecil dan memendek. Dari segi kemampuan gerak, mula-mula hanya dapat bergerak sederhana kemudian semakin terampil dan menurun keterampilannya bahkan sampai hampir tidak mampu bergerak. Dari segi kemampuan fisik mula-mula lemah kemudian menjadi kuat, makin tahan melakukan aktivitas fisik, makin fleksibel dan akhirnya menurun menjadi lemah kembali dan tidak berdaya. Dari segi kemampuan mengekspresikan diri mula-mula hanya dalam bentuk sederhana menjadi mampu menyatakan pikiran, mengontrol emosi dan perasaan dengan baik, dan akhirnya tidak mampu berpikir dengan baik dan pelupa serta kontrol emosi menjadi menurun. Kemampuan sosial juga ikut menurun sejalan dengan pertambahan umur seseorang. Keseluruhan proses di atas adalah proses alamiah yang dialami oleh semua makhluk hidup di jagat raya ini tidak terkecuali manusia.

Penurunan kapasitas fungsi organ-organ tubuh manusia salah satunya disebabkan oleh menurunnya daya tahan kardiorespirasi sebagai akibat menurunnya fungsi jantung dan paru-paru yang merupakan organ vital untuk menggerakkan seluruh sistem yang terdapat dalam tubuh manusia. Penurunan ini terjadi sejalan dengan pertambahan usia setelah mencapai puncak yaitu kira-kira umur 20-30 tahun. Kemajuan teknologi juga mendapat mempercepat terjadinya proses penurunan kapasitas kardiorespirasi. Pada kenyataannya aktivitas sehari-hari yang sering dilihat terutama di kota-kota besar dimana gedung-gedung bertingkat tinggi telah banyak menggunakan elevator sehingga seseorang karyawan atau pembeli yang ingin berbelanja di sebuah pusat perbelanjaan tidak lagi berjalan

untuk menaiki gedung tersebut, banyak pekerjaan rumah tangga yang telah diambil alih oleh mesin seperti mencuci, mengepel, menyetrika, dan lain-lain. Hal ini tentunya akan berakibat terhadap berkurangnya aktivitas fisik seseorang.

Di zaman modern ini berbagai usaha telah dilakukan oleh manusia untuk memperlambat proses penurunan kapasitas fungsional tubuh. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mencari rahasia penyebab proses penurunan tersebut. Manusia takut sekali menghadapi kenyataan ini, perilaku ini terlihat dan beberapa hal yang sering dilakukan manusia seperti: muka dipoles sedemikian rupa agar tak kelihatan keriput, rambut yang putih disemir menjadi hitam, gigi yang rontok diganti dengan gigi palsu, dan sebagainya.

Mengetahui dasar-dasar menurunnya kapasitas fungsi organ-organ dari segi biologis, maka dapat menyiapkan diri, salah satunya dengan melakukan aktivitas olahraga yang teratur sesuai dengan takaran, sehingga proses tersebut dapat dikurangi semaksimal mungkin agar tetap segar, sehat dan luwes dalam penampilan. Olahraga yang sesuai dengan kesenangan dan kesempatan yang ada merupakan komponen yang sangat menentukan dalam memperpanjang usia hidup. olahraga yang dilakukan secara teratur, pengetahuan tentang gerakan-gerakan apa yang dapat dilakukan, tentunya merupakan hal mendasar yang harus dipakai pedoman bagi seseorang dalam memelihara dan menjaga kondisi tubuh, salah satunya daya tahan kardiorespirasi sehingga kebugaran jasmani dapat terpelihara dengan baik.

Dari hal di atas dapat dikemukakan bahwa aktivitas fisik (olahraga) sangat berpengaruh terhadap terpeliharanya kapasitas organ-organ faal (fungsi) tubuh. Pada saat sekarang ini telah banyak berdiri klub-klub olahraga, terutama di kota-kota, dan begitu pula banyak aktivitas olahraga yang dilakukan oleh seseorang. Hal ini dapat dilihat situasi di jalan-jalan tanah lapang baik pagi maupun sore hari banyak dijumpai orang yang melakukan aktivitas olahraga. Namun pada umumnya kebanyakan diantaranya belum tahu apakah aktivitas tersebut sudah cocok atau sudah sesuai dengan usianya, dan apakah aktivitas yang dilakukan sudah benar atau dapat merangsang organ tubuhnya ataukah aktivitas tersebut berlebihan atau dapat merusak organ-organ tubuh.

## **OLAHRAGA DAN DAYA TAHAN KARDIORESPIRASI**

Pertambahan umur seseorang mengakibatkan terjadi penurunan kemampuan secara fisik maupun fisiologis. Seseorang cepat tampak tua atau tampak awet muda tergantung dari cepat atau lambatnya kemunduran kondisi fisik dan mentalnya. Penurunan kemampuan tersebut dapat berlangsung secara cepat ataupun lambat semuanya dipengaruhi oleh kegiatan fisik yang dilakukan, dan beberapa faktor lain yang berhubungan dengan gizi dan waktu istirahat, penurunan daya tahan kardiorespirasi yaitu daya tahan jantung dan paru. Jantung adalah organ yang sangat vital terutama berfungsi sebagai pemompa darah ke seluruh tubuh. Sedangkan paru adalah organ yang berfungsi untuk menyediakan gas-gas yang diperlukan oleh tubuh dan mengembalikan gas sisa ke atmosfer yang tidak berguna bagi tubuh. Gas ini disalurkan ke jantung yang diangkut oleh darah, kemudian setelah sampai di jantung dilanjutkan ke seluruh tubuh bersama dengan darah yang dipompa oleh jantung. Berikut beberapa pernyataan atau hasil penelitian dan beberapa ahli sehubungan dengan penurunan daya tahan kardiorespirasi sebagai akibat bertambahnya usia seseorang, serta pentingnya aktivitas olahraga dalam mempertahankan daya tahan kardiorespirasi.

Sugiyanto, dkk (1998) menyatakan bahwa, penurunan fungsi fisiologis dan neurologis terjadi sesudah umur 30 sampai 40 tahun dengan irama penurunan yang berbeda untuk setiap orang. Pendapat ini nampaknya senada dengan hal yang dikemukakan oleh Ngurah Nala (1992), bahwa secara alami seseorang laki-laki atau wanita makin meningkat umurnya, keadaan alat-alat tubuhnya akan mengalami kemunduran dalam fungsinya. Kekuatan otot akan meningkat terus pada umur 25 sampai 35 tahun, setelah itu makin meningkat umur akan mengurangi kekuatan otot. Jika kekuatan otot pada puncak umur 30 tahun adalah 100%, maka pada umur 50-60 tahun tinggal 75%-85% saja. Dilihat dari kekuatan otot, maka sejak umur 25 atau 35 tahun paling tinggi seseorang itu sudah mulai mengalami penurunan fisik. Ketajaman penglihatan seseorang pada umur 40 tahun juga mulai menurun.

Dari uraian di atas maka pertambahan umur seseorang berpengaruh terhadap fungsi organ tubuh setelah mencapai puncak kematangan pada usia

dewasa, setelah itu fungsi organ tubuh mengalami penurunan. Kemampuan melakukan aktivitas dan kemampuan kerja menjadi menurun. Penurunan tersebut terutama sekali disebabkan karena adanya penurunan daya tahan organ-organ kardiorespirasi yaitu jantung dan paru-paru yang berakibat terhadap penurunan berbagai fungsi organ-organ yang lainnya.

Nala (1992), setelah usia melebihi 50 tahun, tubuh mengalami perubahan secara fisiologis, kulit mengeriput, mata menjadi kurang awas untuk melihat, jalan tertatih-tatih, persendian sulit digerakkan, rambut menjadi putih, dan organ tubuh yang lain seperti jantung, paru-paru, ginjal, hati, pembuluh darah, otot, usus, tulang, juga mengalami proses penurunan fungsi, hal ini bukan disebabkan karena sakit Harsuki (2003), juga menyatakan setelah usia 30 tahun terjadi penurunan fungsi fisik secara bertahap, yang sering kali tidak dirasakan, misalnya penurunan kapasitas *aerobic* (*oxygen consumption* =  $VO_2\max$ ).

Kapasitas *aerobic* atau  $VO_2\max$  merupakan indikator pemakaian oksigen oleh jantung, paru-paru dan otot-otot untuk metabolisme. Dalam kesehatan olahraga  $VO_2\max$  dapat dijadikan pedoman untuk menunjukkan kebugaran jasmani atau kapasitas fisik seseorang. Dengan bertambahnya usia yaitu di atas 30 tahun akan terjadi penambahan lemak tubuh, penurunan masa otot, demikian pula  $VO_2\max$  secara otomatis akan menurun secara bertahap yang disebabkan karena penurunan daya tahan organ kardiorespirasi (jantung dan paru-paru) serta juga menunjukkan kemunduran dalam kebugaran dan kesehatan jasmani.

Pada saat itu kebanyakan orang mulai memiliki beberapa macam penyakit pada pembuluh darahnya pada usia dia atas 30 tahun, maka ada kecenderungan bahwa tekanan darahnya akan naik, Juga terjadi penurunan kapasitas paru-paru, system otot-otot dan kerangka badan, serabut otot menjadi lebih sedikit dan lebih kecil, persendian menjadi kaku sehingga kemampuan untuk meredam getaran menjadi menurun, tendo dan ligamentum menjadi lebih kaku, tulang-tulang menjadi lebih rapuh dan berkurang kepadatannya, titik berat badan akan bergeser sehingga keseimbangannya menjadi kurang baik, serta system saraf dan otot nampak menjadi lebih lamban respon motoriknya sehingga waktu reaksi juga menjadi lebih lambat.

Kondisi semacam ini akan sangat tidak menguntungkan dan membuat kapasitas kerja paru dan jantung menjadi tidak produktif. Ketidakproduktifan paru dan jantung akan berakibat fatal terutama penurunan terhadap kondisi kesehatan seseorang. Apabila hal ini berlangsung terus menerus dan tidak mendapat penanggulangan dengan baik maka proses ini akan membawa seseorang cepat menjadi tua dan dapat memperpendek usia hidup.

Aristoteles telah menekankan pentingnya berolahraga untuk menjaga kesehatan baik jasmani maupun rohani. Thomas Jefferson menyarankan biasakanlah jalan-jalan cepat di waktu pagi hari agar badan tetap sehat. Olahraga yang teratur telah membuktikan bahwa seorang akan memperoleh manfaat yang sangat besar dalam memelihara dan meningkatkan status kesehatannya.

Salah satu penelitian yang dikenal dengan penelitian Framingham (dalam Jonathan Kuntaraf dan Kathleen L. , 1992), menunjukkan bahwa angka kematian yang disebabkan oleh serangan jantung lima kali lipat lebih besar pada orang yang tidak giat dalam bergerak badan dibandingkan dengan orang yang aktif bergerak badan. Dengan melakukan olahraga yang teratur dan sesuai dengan takaran, maka akan dapat membuat otot-otot jantung menjadi lebih kuat, lebih lentur, serta memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mensuplai darah ke seluruh tubuh. Dengan olahraga teratur jantung akan menjadi lebih kuat, lebih berdaya guna karena arteri yang mensuplai otot jantung dengan darah menjadi lebih besar ukurannya dan mengurangi resiko serangan jantung. Melalui olahraga, jumlah darah yang dipompakan untuk setiap kontraksi bertambah dari biasanya 90 gram ke 250 gram atau lebih. Lebih lanjut Jonathan Kuntaraf dan Kathleen L (1992), menjelaskan juga jantung dalam keadaan istirahat bagi orang yang aktif berolahraga denyut jantungnya lebih sedikit yaitu sekitar 60 kali per menit daripada orang yang tidak aktif berolahraga denyut jantungnya per menit mencapai 80 denyut, ini berarti ada penghematan 28. 000 denyut per hari. Hal ini menggambarkan betapa beratnya kerja jantung bagi orang yang tidak aktif berolahraga.

Dari hasil penelitian Dr. Kenneth Cooper pada Institute for aerobic Research di Dalla, ternyata yang berusia kurang lebih 70 tahun, yang tetap

memelihara aktivitas fisik dengan kadar yang cukup tinggi selama hidupnya, pada tes kesegaran jasmani dapat mengalahkan orang-orang yang umurnya kurang lebih 20 tahun, yang tak pernah berolahraga, pekerjaannya hanya duduk saja. Hasil penelitian ini juga didukung oleh Dr. Bengtsaltin dengan kawan-kawannya di Swedia, dengan mengadakan percobaan sebagai berikut 5 orang laki-laki yang masih muda di suruh tiduran selama 20 hari, setelah 20 hari istirahat di tempat tidurnya tadi ternyata kemampuan jantungnya untuk memompa darah turun sebanyak 26%, kemampuan mengambil oksigen secara maksimal juga menurun sebanyak 27%, kapasitas pernafasannya juga turun. 30%, otot-ototnya juga ikut mengecil (dalam Sadoso Sumosardjono, 1993).

Di samping mengatur pola makan yang sehat untuk mencegah serangan penyakit jantung dan mempertahankan jantung agar tetap bekerja lebih baik, yayasan jantung Indonesia juga menganjurkan untuk bergerak, olahraga, bekerja secara fisik, dan lain-lain (Jonathan Kuntaraf dan Kathleen L, 1992). Dengan berolahraga secara teratur juga dapat mempertinggi vitalitas paru-paru. Paru-paru adalah salah satu organ respirasi yang sangat berperan dalam penyediaan oksigen yang dibutuhkan oleh tubuh. Tentang peranan olahraga dalam meningkatkan konsumsi oksigen maksimum telah diteliti oleh Dr. Cooper. Dari hasil penelitian tersebut dinyatakan bahwa orang yang melakukan olahraga secara teratur paru-parunya mempunyai kemampuan untuk menampung 1,5 lebih banyak udara daripada orang yang tidak pernah berolahraga. Pengukuran banyaknya udara atau oksigen di dalam paru-paru di sebut  $VO_2max$ , orang yang mempunyai  $Vo_2max$  yang tinggi dapat melakukan lebih banyak pekerjaan sebelum menjadi lelah, dibandingkan dengan orang yang mempunyai  $VO_2max$  yang lebih rendah, lebih sehat dan lebih tinggi kesehatan jasmani seseorang lebih banyak oksigen dapat diproses oleh tubuh. Dengan latihan olahraga yang teratur dapat banyak mengambil oksigen, yang berarti peredaran darah lebih baik dan sel otot akan lebih banyak mendapatkan oksigen dari pembuluh darah kapiler. Dengan demikian orang yang memiliki  $VO_2max$  organ fisiologis tubuh sehingga kapasitas organ tersebut dapat terpelihara dengan baik.

Melakukan aktivitas fisik (olahraga) yang teratur sangat penting dilakukan

untuk memperlambat proses penuaan pada umumnya dan khususnya untuk memperlambat penurunan kapasitas kardiorespirasi. Karena sesuai dengan beberapa hasil penelitian yang dikutip oleh C. K. Giam (1993), tentang manfaat medis dari olahraga yang teratur adalah sebagai berikut (1). Penyakit jantung koroner terjadi paling tidak dua kali lebih sering pada orang-orang yang secara fisik tidak aktif dibandingkan orang yang aktif, dari orang yang mendapat penyakit jantung koroner, orang yang secara fisik tidak aktif cenderung lebih berat penyakitnya dan kemungkinan penyembuhan dan kelangsungan hidupnya juga lebih kecil, (2). Orang yang secara fisik aktif umumnya mempunyai tekanan darah yang lebih rendah dan lebih jarang terserang tekanan darah tinggi, (3). Orang yang secara fisik aktif mempunyai fungsi paru-paru yang lebih baik, orang umumnya lebih jarang merokok dan lebih jarang menderita kelainan saluran pernafasan.

Perubahan-perubahan yang terjadi sebagai akibat dari melakukan olahraga teratur terhadap system kardiorespirasi (sistemik) terutama pengaruhnya terhadap system transport oksigen. Dalam system transport oksigen, berbagai komponen unsur yang terlibat antara lain: sirkulasi, respiratori dan faktor-faktor level jaringan semuanya bekerja bersama-sama untuk satu tujuan yaitu untuk menyampaikan oksigen ke otot-otot yang sedang bekerja. Dengan demikian perubahan daya tahan kardiorespirasi terjadi pada organ jantung dan paru. Ada beberapa perubahan utama yang dihasilkan dari aktivitas olahraga yang dilakukan dengan teratur terhadap system kardiorespirasi (Junusul Hairy, 2001) yaitu:

**a. Perubahan Pada Jantung**

- 1) Meningkatkan ukuran jantung. Ukuran (volume) jantung atlet lebih besar dari pada orang yang bukan atlet Dengan bertambah tebalnya dinding ventrikel dan kekuatan otot-otot jantung hal ini juga berarti bahwa volume darah yang mengisi ventrikel selama diastole akan menjadi lebih banyak. Pengaruh ini menyebabkan kemampuan isi sekuncup (stroke volume) menjadi lebih besar pula.
- 2) Menurunnya Denyut Nadi. Menurunnya denyut nadi yang dihasilkan dari aktivitas olahraga secara teratur. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut: Jantung disuplai oleh dua komponen system syaraf otonom, yaitu syaraf



simpateetik kalau dirangsang akan meningkatkan denyut nadi, dan syaraf parusimpateetik (syaraf vagus) kalau dirangsang akan menurunkan denyut nadi. Dengan dua system persyaraifan ini, maka denyut nadi dapat menurun karena (1). Meningkatnya pengaruh syaraf parusimpateetik, (2). Menurunnya pengaruh syaraf simpateetik, (3). Kombinasi dari keduanya.

- 3) Meningkatkan isi Sekuncup (Stroke Volume). Peningkatan ini terutama disebabkan karena adanya peningkatan kapasitas ventrikel sehingga menyebabkan lebih banyak darah mengisi ventrikel selama diatole, yang menghasilkan isi sekuncup lebih besar. Faktor lain yang ikut membantu meningkatnya isi sekuncup adalah meningkatnya kontraktilitas myocardiatic (kemampuan otot jantung untuk berkontraksi). Meningkatnya kemampuan otot jantung berkontraksi berhubungan dengan aktivitas ATPase di dalam otot jantung atau meningkatnya calsiium ekstra seluler yang tersedia sehingga menyebabkan meningkatnya interaksi dengan elemen-elemen kontrakttil.
- 4) Meningkatnya Volume Darah dan Hoemoglobin. Volume darah dan level hoemoglobin sangat penting untuk system transport oksigen, ini dibuktikan bahwa volume darah dan level hoemoglobin sangat berhubungan dengan VO<sub>2</sub>max.
- 5) Perubahan Kepadatan Kapiler dan Hypertrophy Otot. Hypertrophy otot yang dihasilkan oleh aktivitas olahraga yang teratur umumnya diikuti oleh meningkatnya kepadatan kapiler. Kepadatan kapiler adalah jumlah kapiler yang mengelilingi serabut otot berhubungan dengan dua faktor (1). Ukuran atau diameter serabut otot, (2). Tipe serabut otot atau jumlah mitochondria per serabut otot.

#### **b. Perubahan Pada Paru**

- 1) Peningkatan Ventilasi Semenit Maksimal. Peningkatan, ventilitas dipengaruhi adanya peningkatan volume tidak dan frekuensi bernafas, sehingga hal ini akan berakibat terhadap peningkatan VO<sub>2</sub> max.
- 2) Peningkatan Efisiensi Ventilatori. Efisiensi ventilatori yang lebih tinggi

sebagai alat yang menyebabkan sejumlah udara bebas bergerak pada level konsumsi yang sama, adalah lebih rendah pada orang yang tidak terlatih dibandingkan orang secara rutin berolahraga.

- 3) Peningkatan Berbagai Macam Volume dalam Paru-paru. Penyebab utama terjadinya perubahan ini adalah olahraga yang teratur akan mengakibatkan peningkatan fungsi pulmoner dan oleh karena itu volume paru-paru menjadi lebih besar.
- 4) Peningkatan Kapasitas Difusi. Orang yang terlatih cenderung memiliki kapasitas difusi yang lebih besar dibandingkan orang yang tidak aktif berolahraga, ini disebabkan karena volume paru-paru atlet menjadi lebih besar sehingga bidang permukaan kapiler alveolar menjadi lebih besar dengan demikian proses difusi dapat dilakukan lebih banyak.

Dari uraian di atas, maka dengan melakukan aktivitas fisik (olahraga) yang teratur mempunyai pengaruh yang berarti dalam hal memperbaiki kesehatan, kebugaran fisik dan kapasitas kerja serta kapasitas organ-organ yang disebabkan karena adanya peningkatan daya tahan organ-organ system kardiorespirasi yakni jantung dan paru-paru.

## **PROSES RESPIRASI DAN LATIHAN**

Istilah respirasi adalah pertukaran gas yang terjadi antara organisme . tubuh dengan lingkungan sekitarnya. Proses respirasi dapat dibagi menjadi tiga bagian, yakni: pernafasan luar (*eksternal respiration*), pernafasan dalam (*internal respiration*) dan pernafasan seluler (*celuler respiration*). Pernafasan. luar artinya oksigen dari udara luar masuk ke dalam alveoli paru kemudian masuk ke darah, pernafasan dalam artinya oksigen dari darah masuk ke jaringan-jaringan dan pernafasan seluler adalah oksidasi biologis maksudnya penggunaan oksigen oleh sel-sel tubuh yang kemudian menghasilkan energi, air dan karbondioksida. Karbondioksida bergerak dengan jalan berdifusi dari jaringan ke darah, dan setelah diangkut ke paru, kemudian keluar ke udara luar. Proses pertukaran udara luar dengan udara di dalam paru dinamakan ventilasi paru.

### a. Ventilasi Semenit

Seperti diketahui, ventilasi terdiri dari dua fase yaitu. waktu udara masuk ke paru dinamakan inspirasi atau menghirup udara dan waktu udara keluar dari paru ke lingkungan sekitar, dinamakan ekspirasi atau menghembus udara. Ventilasi semenit adalah berapa banyak udara yang dihirup atau dihembuskan (tidak kedua-duanya) dalam waktu semenit Tetapi biasanya yang sering dipergunakan sebagai ukuran adalah udara yang dikeluarkan (VE) bukan jumlah udara yang dihirup (VI). Jumlah ini dapat ditentukan dengan mengetahui: (1). Volume tidal (VT), yaitu berapa banyak udara yang dihirup dan dikeluarkan setiap daur pernafasan, dan (2). Frekuensi bernafas (f) adalah berapa kali bernafas dalam satu menit, sehingga dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$VE = VT \times f$$

Keterangan:

VE = Ventilasi semenit(l/menit)

VT = Volume tidal (liter)

F = Frekuensi bernafas(permenit)

Pada waktu istirahat, frekuensi bernafas biasanya 12 kali per menit, sedangkan volume tidal rata-rata 0, 5 liter udara per sekali bernafas. Dalam keadaan seperti ini, volume udara waktu bernafas dalam satu menit atau ventilasi semenit adalah 6 liter. Peningkatan yang berarti pada ventilasi semenit, disebabkan oleh semakin cepatnya atau semakin dalamnya bernafas atau karena oleh kedua-duanya. Selama melakukan latihan yang berat frekuensi bernafas pada orang muda dan sehat, biasanya meningkat antara 35-45 kali per menit, sehingga volume tidal dapat mencapai 2, 0 liter bahkan lebih. Sebagai akibatnya, dengan meningkatnya frekuensi bernafas dan volume tidal, maka ventilasi semenit dapat dengan mudah mencapai 100 liter atau sekitar 17 kali lebih besar daripada waktu istirahat Pada atlit (laki-laki) dalam kondisi yang baik, ventilasi semenit dapat mencapai 160 liter per menit selama melakukan latihan maksimal.

## b. Ventilasi Alveolar dan Ruang Mati

Tidak semua udara pada setiap kali bernafas masuk ke alveoli dan oleh karena itu, tidak semua udara yang dihirup terlibat di dalam pertukaran gas. Jadi udara segar yang dapat masuk ke alveoli dinamakan ventilasi alveolar. Sedangkan udara yang tetap berada dalam lintasan pernafasan (hidung, mulut, faring, trachea, bronchi dan bronhioli) dan tidak ikut dalam penukaran gas dinamakan ruang mati anatomis.

Pada orang sehat volume udara pada ruang mati anatomis rata-rata 150-200 ml, atau sekitar 30% dari volume tidal istirahat. Selama melakukan latihan, terjadi pelebaran lintasan pernafasan, sehingga ruang mati anatomis menjadi lebih besar, tetapi karena volume tidal waktu latihan juga meningkat, ventilasi alveolar juga tetap memadai sehingga pertukaran gas tetap dapat dipertahankan. Ventilasi alveolar tergantung kepada 3 faktor: (1). Dalamnya waktu menarik napas (volume tidal), (2). Kecepatan waktu bernafas (frekuensi) dan (3). Ukuran ruang mati.

Setiap penyesuaian ventilator bagaimana pun juga mempunyai pengaruh yang drastis terhadap ventilator alveolar. Pada contoh bernapas dangkal, semua udara berada di ruang mati, sehingga ventilasi alveolar kosong. Pada contoh yang lain, dengan bernapas dalam-dalam dan setiap bernapas dalam jumlah besar, udara masuk dan bercampur dengan udara yang ada di alveolar. Jadi ventilasi alveolar ditentukan oleh konsentrasi gas pada membrane kapiler alveolar.

Tabel 1.

Hubungan antara Volume Tidal, Frekuensi Bernapas dan Ventilasi Pulmoner

Keadaan	VT (ml)	X	F (per menit)	=	Ventilasi Semenit (ml/men)	=	Ventilasi Ruang Mati (ml/men)	=	Ventilasi Alveolar (ml/men)
Bernafas Dangkal	150		40		6000		(150ml x 40)		0
Bernapas Normal	500		12		6000		(150ml x 12)		4200
Bernapas dalam	1000		6000		6000		(150ml x 6)		5100

Dikutip dari: McArdle, W. D. , dkk: Exercise Physiology, Energy, Nutrition, and Human Performance (edisi ke 2), 1986.

### c. Volume dan Kapasitas Paru

Ada beberapa volume paru lain yang biasa digunakan untuk mengukur fungsi paru, karena dengan mengetahui semua volume paru yang lain akan banyak membantu untuk lebih mengerti tentang fisiologi respiratori. Lebih dari itu beberapa diantaranya sangat mudah diukur.

Tabel 2.

Volume atau Kapasitas Paru Perubahan selama latihan

<b>Volume dan Kapasitas Paru</b>	<b>Definisi</b>	<b>Perubahan selama Latihan</b>
<i>Volume Tidal volume (VT)</i> <i>Inspiratory Resume</i>	Jumlah udara yang dihirup dan akan dikeluarkan setiap daur pernafasan.	Meningkat
<i>Volume (IRV) volume cadangan inspirasi</i>	Jumlah maksimal udara yang dapat dihirup setelah inspirasi biasa.	Menurun
<i>Expiratory Reserve Volume (ERV) volume cadangan ekspirasi</i>	Jumlah maksimal udara yang dapat dihembuskan pada akhir ekspirasi biasa.	Sedikit menurun
<i>Residual Volume (RV)</i> <i>Volume residu</i>	Jumlah udara yang tetap tinggal di dalam paru pada akhir ekspirasi maksimal	Sedikit menurun
Kapasitas Total <i>Lung Capacity (TLC)</i> Kapasitas total Paru	Jumlah udara di dalam paru setelah inspirasi maksimal	Sedikit menurun
<i>Vital Capacity (VC)</i> Kapasitas vital	Jumlah udara maksimal pada ekspirasi yang kuat setelah inspirasi maksimal	Sedikit menurun
<i>Inspiratory Capacity (IC)</i> Kapasitas Inspirasi	Jumlah udara inspirasi maksimal setelah ekspirasi biasa	Meningkat
<i>Functional Residual Capacity (FRC)</i> Kapasitas fungsi residu	Jumlah udara yang tetap tinggal di dalam paru pada akhir ekspirasi dalam keadaan istirahat	Sedikit meningkat

Seperti yang dikemukakan sebelumnya, peningkatan volume tidal selama latihan mempunyai andil terhadap meningkatnya ventilasi semenit. Selama melakukan latihan yang maksimal, volume tidal mungkin dapat mencapai lima, atau enam kali lebih besar daripada waktu istirahat. Meningkatnya volume tidal merupakan hasil pemakaian volume cadangan inspirasi (*Inspiratory Reserve Volume-IRV*) dan volume cadangan ekspirasi (*Expiratory Reserve Volume-ERV*), tetapi kemungkinannya lebih besar pada pemakaian volume cadangan inspirasi daripada volume cadangan ekspirasi.

Terjadi sedikit penurunan pada kapasitas total paru (*Total Lung Capacity-TLC*) dan kapasitas vital (*Vital Capacity-VC*) selama latihan berhubungan dengan meningkatnya aliran darah pulmoner. Meningkatnya pembuluh darah di dalam pembuluh kapiler pulmoner menyebabkan volume ruang gas yang tersedia semakin berkurang. Sebagai akibatnya, volume residu (*Residu Volume-RV*) dan kapasitas fungsi residu (*Functional Residu Volume-RFC*) akan sedikit meningkat selama latihan.

Beberapa volume paru diukur dalam keadaan istirahat (kecuali volume tidal) yang lebih besar pada orang terlatih daripada orang yang tidak terlatih. Sebagian terbesar perubahan ini dapat dihubungkan dengan kenyataan, bahwa latihan menyebabkan peningkatan fungsi pulmoner dan oleh karena itu volume paru lebih besar.

Volume residu bertindak sebagai reservoir di dalam mengurangi besarnya fluktuasi karbondioksida dan oksigen pada aliran darah pulmoner. Dengan kata lain, pindahnya karbondioksida dan darah adalah untuk mempertahankan batas nominal, dan pada waktu yang bersamaan, oksigen terus berdifusi ke dalam darah. Kapasitas vital dipengaruhi oleh posisi tubuh, kekuatan otot-otot pernafasan, kemampuan paru, dan rongga dada untuk berkembang.

## **PERTUKARAN GAS DIFUSI DALAM SYSTEM RESPIRASI**

Pertukaran gas pada membrane kapiler dengan alveolar dan kapiler dengan jaringan 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.

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 mempergunakan 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 gas setiap gas di dalam campuran gas, seperti yang ada pada alveoli atau di dalam cairan, seperti darah, dipergunakan istilah tekanan parsial.

#### **a. Tekanan Parsial Gas**

Gas cenderung berdifusi dari daerah yang berkonsentrasi atau bertekanan tinggi ke daerah yang konsentrasinya atau tekanannya lebih rendah, maka oksigen bergerak dari alveoli paru masuk ke darah apabila tekanan oksigen dalam alveoli paru lebih tinggi daripada tekanan oksigen di dalam darah. Selanjutnya, karbondioksida bergerak dari darah masuk ke alveoli, apabila tekanan karbondioksida di dalam alveoli lebih kecil daripada tekanan karbondioksida 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 dipergunakan (tekanan oksigen menjadi rendah) dan karbondioksida diproduksi (menyebabkan tekanan oksigen menjadi naik). Akibatnya, darah bergerak melewati sel-sel jaringan, oksigen keluar dari darah masuk ke sel-sel, dan karbondioksida keluar dari sel-sel masuk ke darah.

Seperti diketahui, bahwa 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 setiap molekulnya. Apabila gas dipanaskan, velositas molekulnya meningkat, dan akibatnya tekanan meningkat. Tekanan parsial gas pada campuran gas, kemudian tergantung kepada: (1). Tekanan total (barometer) dan

(2). Konsentrasi fraksi gas. Faktor terpenting yang menentukan pertukaran gas adalah laju perubahan tekanan parsial dari masing-masing gas yang terlibat.

#### **b. Pertukaran Gas di dalam Paru dan Jaringan**

Pertukaran gas dalam paru. Pada waktu istirahat, tekanan molekul oksigen di dalam alveoli adalah sekitar 60 mmHg. Lebih besar daripada tekanan pada pembuluh darah vena yang masuk ke kapiler pulmoner. Akibatnya, oksigen larut dan berdifusi ke darah melalui membrane kapiler. Karbondioksida, di lain pihak, tekanannya sedikit lebih besar yang kembali ke pembuluh darah vena, dari pada tekanan di alveoli. Karena itu terjadi difusi karbondioksida dari darah ke paru-paru. Walaupun perbedaan tekanan 6 mmHg. Untuk difusi karbondioksida ini kecil apabila dibandingkan dengan perbedaan tekanan oksigen, tetapi cukup memadai untuk mentransfer gas ini dalam keadaan larut. Nitrogen, zat lain yang dipakai atau yang diproduksi dalam reaksi metabolic, tetap tidak berubah di dalam kapiler gas alveolar.

Proses pertukaran gas ini begitu cepat pada 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 dengan tekanan hampir 100 mmHg dengan tekanan karbondioksida sekitar 40 mmHg.

Transfer gas di dalam jaringan. Di dalam jaringan, gas yang dikonsumsi di dalam proses metabolisme energi jumlahnya hampir sama dengan jumlah karbondioksida yang dihasilkan, dan tekanan diantara keduanya dapat sangat berbeda pada pembuluh darah arteri. Pada waktu istirahat,  $P_{O_2}$  rata-rata di dalam cairan yang berada di luar sel otot, jarang di bawah 40 mmHg. Pada waktu melakukan latihan berat, tekanan molekul oksigen di dalam jaringan otot, mungkin jatuh sampai sekitar 3 mmHg (Stainsby, W. N. , dkk. , 1964), sedangkan tekanan karbondioksida mendekati 90 mmHg.

Perbedaan tekanan gas di dalam plasma dan jaringan menyebabkan terjadinya difusi. Oksigen meninggalkan darah dan berdifusi ke sel-sel yang



sedang melangsungkan metabolisme, dan pada saat itu juga karbondioksida mengalir dari sel-sel ke darah. Kemudian darah mengalir ke vena dan kembali ke jantung dan selanjutnya di kirim ke paru. Begitu darah masuk ke kapiler paru, dengan cepat pula difusi dimulai lagi.

Tubuh sendiri tidak berusaha mencoba untuk membersihkan karbondioksida, tetapi sebaliknya pada saat darah meninggalkan paru dengan PCO<sub>2</sub> 40 mmHg, masih terkandung sekitar 50 ml karbondioksida untuk setiap 100 ml darah. Sejumlah karbondioksida ini sangat penting, karena karbondioksida memberikan masukan bahan-bahan kimia untuk pengendalian nafas pada pusat pernapasan di otak.

### **c. Transport Oksigen**

Oksigen diangkut oleh plasma dan hemoglobin yang terkandung dalam sel-sel darah merah. Oksigen berdifusi ke dalam plasma tidak mengalami reaksi kimia, oksigen 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 yang berdifusi ke sel-sel darah merah bercampur secara kimiawi dengan hemoglobin (Hb) untuk membentuk apa yang dinamakan Oksihemoglobin (oxyhemoglobin-HbO<sub>2</sub>). Proses pengikatan ini meningkatkan kapasitas darah untuk mengangkut oksigen sekitar 65 kali.

Pada alveolar dengan P<sub>O<sub>2</sub></sub> 100 mmHg, hanya sekitar 0,3 ml oksigen dalam bentuk gas larut di dalam setiap 100 ml plasma, ini sama dengan 3 ml oksigen per liter plasma. Karena volume darah rata-rata sekitar 5 liter, 15 ml larutan oksigen diangkut di dalam darah (3 ml per liter x 5). Jumlah oksigen ini cukup untuk mempertahankan kehidupan sekitar 4 detik.

## **KESIMPULAN**

Dengan bertambahnya usia yaitu di atas 30 tahun akan terjadi penambahan lemak tubuh, penurunan otomatis akan menurun secara bertahap yang sudah tentunya disebabkan karena penurunan kapasitas organ kardiorespirasi (jantung dan paru-paru) serta juga menunjukkan kemunduran dalam kebugaran dan

kesehatan jasmani.

Aktivitas fisik (olahraga) sangat berpengaruh terhadap terpeliharanya kapasitas organ-organ faal tubuh. Terpeliharanya kapasitas organ-organ faal tubuh umumnya dan khususnya organ jantung dan paru-paru. Perubahan-perubahan yang terjadi pada jantung sebagai akibat melakukan olahraga secara teratur yaitu: (1) meningkatnya ukuran jantung, (2) menurunnya denyut nadi, (3) meningkatnya isi sekuncup (stroke volume), (4) meningkatnya volume darah dan hemoglobin, (5) perubahan kepadatan kapiler dan hypertrophy otot. Sedangkan perubahan yang terjadi pada system respirasi yaitu: (1) peningkatan ventilasi semenit maksimal, (2) peningkatan efisiensi ventilatori, (3) peningkatan berbagai macam volume dalam paru-paru, (4) peningkatan kapasitas difusi.

## DAFTAR PUSTAKA

- C.K. Giam. (1993). *Ilmu Kedokteran Olahraga*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Depdikbud. (1998). *Asas-Asas Pengetahuan Umum Olahraga untuk SGO*. Jakarta: Proyek Pengadaan Buku SPG .
- Harsono. (1988) *Coaching Dan Aspek-Aspek Psikologis Dalam Coaching*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
- Jonathan Kuntaraf, Kathleen L. Kuntaraf. (1992). *Olahraga Sumber Kesehatan*. Bandung: Adven Indonesia.
- H. Harsuki. (2003). *Perkembangan Olahraga Terkini (Kajian Paru Pakar)*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Jusunul Hairy. (1989). *Fisiologi Olahraga*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
- \_\_\_\_\_ (2001). *Dasar-Dasar Kesehatan Olahraga*. Jakarta: Pusat Penerbitan Universitas Terbuka.
- Me Ardle, W.D. , dkk. (1986). *Exercise Physiology, Energy, Nutrition, and Human Performance (edisi ke 2)*. Philadelphia: Lea and Febiger.
- Gurah Nala. (1992). *Kumpulan Tulisan Olahraga*. Denpasar: Koni Propinsi Bali.
- Sadoso Sumosardjuno. (1993). *Pengetahuan Praktis Kesehatan Dalam Olahraga*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Sugiyanto, dkk. (1998). *Perkembangan dan Belajar Motorik*. Jakarta: Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan dasar Dan Menengah Bagian Proyek Peningkatan Mutu Guru Pendidikan Jasmani Dan Kesehatan SD Setara dll.

