

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Volume Oksigen Maksimum (VO_2 maks)

Kemampuan aerobik (VO_2 maks) adalah kemampuan olah daya aerobik terbesar yang dimiliki seseorang atau bisa juga di sebut kapasitas aerobik maksimal. Hal ini ditentukan oleh jumlah zat asam (O_2) yang paling banyak dapat dipasok oleh jantung, pernapasan, dan hemo-hidro-limpatik atau transport O_2 , CO_2 dan nutrisi pada setiap menit (Karpovich, dalam Santoso, 1992). Menurut Devries (dalam Joesoef, 1988) yang dimaksud dengan VO_2 maks adalah derajat metabolisme aerob maksimum dalam aktivitas fisik dinamis yang dapat dicapai seseorang. Sedangkan menurut Thoden (dalam Sukarman, 1992), yang dimaksud dengan VO_2 max adalah: "Daya tangkap aerobik maksimal menggambarkan jumlah oksigen maksimum yang dikonsumsi per satuan waktu oleh seseorang selama latihan atau tes, dengan latihan yang makin lama makin berat sampai kelelahan. Ukurannya disebut VO_2 maks. VO_2 maks adalah ambilan oksigen (oxygen intake) selama upaya maksimal"; dan menurut Costill, (dalam Maglischo, 1982), bahwa kapasitas kerja fisik dinamis yang dapat dilakukan dalam waktu yang lama dapat diukur dari konsumsi oksigen maksimalnya (VO_2 maks atau maximal oxygen uptake)". VO_2 maks adalah suatu indikator yang baik dari capaian daya tahan aerobik. Individu yang terlatih dengan VO_2 maks yang lebih tinggi akan cenderung dapat melaksanakan lebih baik di dalam aktivitas daya tahan dibanding dengan orang-orang yang mempunyai VO_2 maks lebih rendah untuk aktivitas daya tahan aerobik. Pada tahun 1970-an Kenneth Cooper meneliti hubungan antara olahraga dengan kesegaran jasmani ia

mendapatkan bahwa orang-orang yang mempunyai daya tahan yang tinggi karena melakukan olahraga, ternyata paru-paru mereka mempunyai kesanggupan untuk menampung 1,5 lebih banyak udara dari pada orang biasa (Gilmore, 1981). Pengukuran banyaknya udara atau oksigen disebut *VO2 maks*. V berarti volume, O2 berarti oksigen, Max berarti maksimum, dengan demikian *VO2maks* berarti volume oksigen tubuh yang dapat digunakan saat bekerja sekeras mungkin. Hal ini memberikan indikasi bagaimana tubuh menggunakan oksigen pada saat melakukan pekerjaan misalnya sewaktu olahraga otot harus menghasilkan energi satu proses dimana oksigen memegang suatu peranan penting. Lebih banyak oksigen digunakan berarti lebih besar kapasitas menghasilkan energi dan kerja yang berarti daya tahan akan lebih besar. Mereka yang mempunyai *VO2maks* yang tinggi dapat melakukan lebih banyak pekerjaan sebelum menjadi lelah, dibandingkan dengan mereka yang mempunyai *VO2maks* yang lebih rendah. Lebih sehat dan lebih tinggi kebugaran jasmani seseorang, lebih banyak oksigen yang tubuh kita dapat proseskan. Sementara kita berlatih, paru-paru akan dapat mengambil lebih banyak oksigen dari pembuluh darah kapiler. Dengan demikian mereka yang mempunyai *VO2mas* tinggi adalah orang yang mempunyai kesegaran jasmaninya baik, sedangkan yang *VO2maks* nya rendah adalah orang yang kebugaran jasmaninya jelek.

2.2 Manfaat pengukuran VO2 maks.

Untuk mengetahui kapasitas max penggunaan oksigen, sangat erat hubungannya dengan kapasitas fisik seseorang. Kapasitas fisik seseorang sangat ditentukan oleh kemampuan neuro-muskular serta kardio-respirasi. Salah satu indikator utama kapasitas erobik maksimal seseorang merupakan bagian utama yang menentukan tingkat kebugaran (fitness) seseorang. Merupakan salah satu faktor utama menentukan prestasi olahraga

yang menggunakan penyediaan energi secara metabolisme erobik, antara lain lari jauh, triathlon, dasalomba, pancalomba serta beberapa cabang permainan (sepakbola, bulutangkis, tenis).

Mencerminkan kemampuan dan kapasitas :

- Neuro-muskular
- Kardio-sirkulasi
- Respirasi
- Jumlah eritrosit dan hemoglobin
- Secara tidak langsung mencerminkan fungsi hati, hormonal dan ginjal (sistem ekskresi)

Tes VO₂-maks dilakukan dengan suatu aktivitas fisik submaksimal 80 % s/d maksimal. Organ utama yang sangat aktif pada saat aktivitas fisik adalah kontraksi otot. Kontraksi otot yang hampir mencapai maksimal (submaksimal) dan dilakukan lebih dari 2 menit, diperlukan penyediaan energi yang tinggi. Penyediaan energi yang tinggi dalam jumlah banyak dan berlangsung cukup lama (lebih 2 menit) diperlukan metabolisme secara erobik, dan proses tersebut dilakukan di mitochondria otot dengan proses glikolisis dan lipolisis erobik.

Agar proses glikolisis dan lipolisis erobik dapat berlangsung cepat dan lama, sangat diperlukan pasokan oksigen yang cepat dan dalam jumlah banyak, serta proses pengeluaran CO₂ secara cepat (akibat hasil metabolisme secara erobik). Agar proses semua tersebut dapat berlangsung dengan cepat dan lama diperlukan jumlah hemoglobin yang optimal, kecepatan sirkulasi yang tinggi, diffusi oksigen dari alveoli paru yang cepat dan banyak serta pengeluaran CO₂ yang cepat. Keadaan tersebut memerlukan fungsi

kardio-sirkulasi dan respirasi yang optimal, kadar hormon, fungsi saraf motorik dan saraf simpatis yang optimal.

Sintesa protein, hemoglobin, eritrosit, hormon, sangat erat hubungannya dengan fungsi hati, kelenjar endokrin serta bone-marrow (sumsum tulang). Juga perlu fungsi ginjal yang normal, oleh karena diperlukan pengeluaran hasil metabolisme yang meningkat akibat aktivitas fisik, antara lain ureum, creatinine.

2.3 Cara Pengukuran VO_2 maks

Untuk pengukuran volume oksigen maksimum (VO_{2max}) dapat dilakukan dengan dua cara:

1. **Dengan cara langsung**, yaitu pengukuran oksigen yang digunakan, dipakai dan dilakukan benar-benar dari sampel oksigen yang digunakan pada saat latihan dengan cara menganalisa udara hembusan yang ditampung dalam kantong secara berkala, bermacam-macam tes dengan cara pelaksanaan tes yang berbeda, salah satunya tes secara langsung yaitu : Tes Saltin-Astrand dimana alat yang digunakan adalah treadmill dengan penambahan beban secara terus menerus. Sebelum tes dilakukan didahului dengan menaksir besarnya kapasitas aerob maksimal lewat tes submaksimal diatas sepeda ergometer, tes penaksiran ini berlangsung di atas sepeda selama 5 menit. Pada menit terakhir denyut jantung diukur dan diakhir menit ke 5 denyut jantung digunakan untuk menaksir besarnya kapasitas aerob maksimal dengan menggunakan nomogram Astrand, hasil penaksiran ini digunakan untuk menentukan beban awal yang sesuai dengan kemampuan masing-masing, sehingga pada tes sesungguhnya nanti lari sekencang-

kencangnya antara 3-7 menit diharapkan kapasitas aerob maksimal tercapai. Petunjuk penentuan beban awal dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Beban awal pada tes treadmill Saltin-Astrand

Taksiran VO ₂ maks Ml/kg/men	Pria derajat kecepatan			Wanita derajat kecepatan		
	Ml/j	Km/j	Persen	Ml/j	Km/j	Persen
40	6,2	10,0	5,2	6,2	10,0	2,7
40-50	7,8	12,5	5,2	6,2	10,0	5,2
55-75	9,3	15,0	5,2	7,8	12,5	5,2
75	10,9	17,5	5,2	-	-	-

(Fox, and mathews, 1981)

2. Dengan cara tidak langsung. Pada umumnya tes kapasitas aerobik (*VO₂max*) dilakukan dengan cara tidak langsung supaya biayanya tidak mahal, sehingga timbullah usaha-usaha untuk mengurangi kesukaran dalam pelaksanaan tes, misalnya dengan: step test, lari 12 menit, lari 2,4 km, dan tes jalan cepat satu mil. Cooper mendapatkan bahwa keadaan seseorang setelah lari 2,4 km sangat erat hubungannya dengan ukuran langsung dari volume oksigen maksimum seseorang, dan yang paling sering dipakai karena langsung dikonversikan dengan HR yang diukur pakai polar, stopwatch

2.4 Faktor yang Mempengaruhi VO₂ maks

Wiesseman (dalam Kuntaraf, 1992) ahli Kesehatan Masyarakat dari Universitas Loma Linda menyebutkan lima faktor yang menentukan VO₂ maks seseorang yaitu: jenis kelamin, usia, keturunan, komposisi tubuh, dan latihan

- 1). **Jenis kelamin.** Setelah masa pubertas wanita dalam usianya yang sama dengan pria umumnya mempunyai konsumsi oksigen maksimal yang lebih rendah dari pria.
- 2). **Usia.** Setelah usia 20-an *VO₂ max* menurun dengan perlahan-lahan. Dalam usia 55 tahun, *VO₂ maks* lebih kurang 27 % lebih rendah dari usia 25 tahun. Dengan sendirinya hal ini berbeda dari satu dengan orang yang lain. Mereka yang mempunyai banyak kegiatan *VO₂ maks* akan menurun secara perlahan.
- 3). **Keturunan.** Seseorang mungkin saja mempunyai potensi yang lebih besar dari orang lain untuk mengkonsumsi oksigen yang lebih tinggi, dan mempunyai suplai pembuluh darah kapiler yang lebih baik terhadap otot-otot, mempunyai kapasitas paru-paru yang lebih besar, dapat mensuplai haemoglobin dan sel darah merah yang lebih banyak dan jantung yang lebih kuat. Dilaporkan bahwa konsumsi oksigen maksimum bagi mereka yang kembar identik sangat sama (Klissouras, dalam Kuntaraf, 1992).
- 4). **Komposisi tubuh.** Walaupun *VO₂ maks* dinyatakan dalam beberapa milliliter oksigen yang dikonsumsi per kg berat badan, perbedaan komposisi tubuh seseorang menyebabkan konsumsi yang berbeda. Misalnya tubuh mereka yang mempunyai lemak dengan persentasi tinggi mempunyai konsumsi oksigen maksimum yang lebih rendah. Bila tubuh berotot kuat, *VO₂max* akan lebih tinggi. Sebab itu, jika dapat mengurangi lemak dalam tubuh, konsumsi oksigen maksimal dapat bertambah tanpa tambahan latihan.
- 5). **Latihan/olahraga.** Kita dapat memperbaiki *VO₂ maks* dengan olahraga atau latihan. Dengan latihan daya tahan yang sistematis, akan memperbaiki konsumsi oksigen maksimal dari 5% sampai 25%. Penelitian menunjukkan bahwa laki-laki usia 65-74 tahun dapat meningkatkan *VO₂ maks* sekitar 18 % setelah berolahraga secara teratur selama 6 bulan (Wiesseman, dalam Kuntaraf, 1992). Menurut Astrand (1986), faktor fisiologis

yang mempengaruhi daya tahan jantung-paru antara lain: faktor genetik, usia, jenis kelamin, dan aktivitas latihan. Dari penelitian didapat kesimpulan bahwa: VO_2 maks 93,4% ditentukan oleh faktor genetik, selebihnya adalah oleh latihan. Oleh karena itu VO_2 maks seseorang dapat ditingkatkan; paling tidak daya tahan aerobik dapat meningkat antara 6-20% dengan pelatihan atletik, yaitu dengan melakukan jalan, jogging, ataupun lari. Peningkatan VO_2 maks yang lebih besar pada umumnya adalah terhadap individu yang tidak terlatih. Sedangkan pada orang yang latihannya teratur dan pada atlet yang banyak mempergunakan daya tahan, maka peningkatan VO_2 maks nya kecil.

2.5 Pengukuran VO_2 maks

Terdapat berbagai variasi tes VO_2 maks untuk menetapkan tingkat kebugaran jasmani seseorang.

2.5.1 Treadmill

Pada tes Treadmill, konsumsi oksigen tergantung pada berat badan subyek, dan juga menaikkan dan meningkatkan kecepatan dan derajat ketinggian treadmill, Makin rendah denyut jantung terhadap aktivitas berat, makin baik keadaan kapasitas aerobik orang tersebut (Sajoto, 1988). Didalam pengukuran dengan treadmill, yang dilakukan dengan meningkatkan kecepatan treadmill, menaikkan ketinggian derajat treadmill dan meningkatkan keduanya, baik kecepatan dan derajat.

Prosedur Astrand :

Tes ini mengharuskan atlet untuk berjalan selama mungkin pada treadmill yang kemiringannya bertahap pada interval waktunya

* Subjek Penelitian pemanasan selama 5 menit

* Asisten menyiapkan treadmill dengan kecepatan 8.05km/hr (5 mph) dan sudut kemiringan 0%

* Asisten memberikan perintah "GO", memulai stopwatch dan subjek penelitian dimulai tes

* Asisten, setelah 3 menit mulai, menaikkan sudut kemiringan Treadmill menjadi 2,5% dan kemudian setiap 2 menit sesudahnya meningkatkan miring sebesar 2,5%

* Asisten menghentikan stopwatch dan catatan waktu ketika atlet tidak dapat melanjutkan.

penilaian dari waktu berjalan total perkiraan VO₂max atlet dapat dihitung sebagai berikut:

$$* VO_{2max} = (1,444 \times \text{Waktu}) + 14,99$$

mana "Waktu" adalah waktu pengujian dicatat dinyatakan dalam menit dan pecahan satu menit. Contoh : Subjek coba berhenti tes setelah 13 menit 15 detik berjalan (13,25menit).

$$* VO_{2max} = (13,25 \times 1,444) + 14,99$$

$$* VO_{2max} = 34,123 \text{ ml / kg / menit}$$

Untuk perkiraan VO₂max Anda masukkan durasi menjalankan dan kemudian pilih tombol 'Kalkulasi'.

Waktu - menit detik

VO₂max ml / kg / menit

Kelebihan dalam pemakaian treadmill :

- a) Melibatkan seluruh otot tubuh
- b) Dipengaruhi kecepatan dan incinasi/ sudut ketinggian treadmill.

c) Tingkat kesalahannya paling kecil

Kelemahan dalam pemakaian treadmill :

a) Langkah subjek penelitian mengikuti perputaran treadmill

b) Jika subjek penelitian tidak bisa mengikuti perputaran treadmill bisa jatuh kebelakang.

Tabel 2.2 Data VO₂ maks (Heywood 1998) wanita (values in ml/kg/min)

Age	Very Poor	Poor	Fair	Good	Excellent	Superior
13-19	<25.0	25.0 - 30.9	31.0 - 34.9	35.0 - 38.9	39.0 - 41.9	>41.9
20-29	<23.6	23.6 - 28.9	29.0 - 32.9	33.0 - 36.9	37.0 - 41.0	>41.0
30-39	<22.8	22.8 - 26.9	27.0 - 31.4	31.5 - 35.6	35.7 - 40.0	>40.0
40-49	<21.0	21.0 - 24.4	24.5 - 28.9	29.0 - 32.8	32.9 - 36.9	>36.9
50-59	<20.2	20.2 - 22.7	22.8 - 26.9	27.0 - 31.4	31.5 - 35.7	>35.7
60+	<17.5	17.5 - 20.1	20.2 - 24.4	24.5 - 30.2	30.3 - 31.4	>31.4

Tabel 2.3 Data VO₂ maks (Heywood 1998) untuk pria (values in ml/kg/min)

Age	Very Poor	Poor	Fair	Good	Excellent	Superior
13-19	<35.0	35.0 - 38.3	38.4 - 45.1	45.2 - 50.9	51.0 - 55.9	>55.9
20-29	<33.0	33.0 - 36.4	36.5 - 42.4	42.5 - 46.4	46.5 - 52.4	>52.4
30-39	<31.5	31.5 - 35.4	35.5 - 40.9	41.0 - 44.9	45.0 - 49.4	>49.4
40-49	<30.2	30.2 - 33.5	33.6 - 38.9	39.0 - 43.7	43.8 - 48.0	>48.0
50-59	<26.1	26.1 - 30.9	31.0 - 35.7	35.8 - 40.9	41.0 - 45.3	>45.3
60+	<20.5	20.5 - 26.0	26.1 - 32.2	32.3 - 36.4	36.5 - 44.2	>44.2

2.5.2 Ergometer sepeda

Pada ergometer sepeda, perubahan tingkat latihan fisik diperoleh dengan cara mengubah beban pada roda sepeda. Keduanya membutuhkan alat khusus yang sulit dilakukan di lapangan, alat ini juga mahal karena semuanya serba elektrik dan komputer (Sajoto,1988). Parameter pada tes ini adalah frekuensi denyut nadi dan besar beban, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan besar kapasitas maksimal aerob (VO₂ maks).

Prosedur tes ergometer sepeda Astrand:

1. Subjek penelitian mengayuh sepeda untuk pemanasan dengan beban awal 25 watt dengan kecepatan 50 rpm selama 3 menit.
2. dilanjutkan dengan penambahan beban 25 watt dengan kecepatan 50 rpm, tiap beban dilakukan selama 6 menit.

3. hitung DN (Denyut Nadi) tiap menit untuk setiap beban, sampai tercapai DN diantara 120-170 kali per menit.

4. timbang BB.

5. dari BB dan DN tiap beban hitung VO_{2max} , VO_{2max} yang didapat dikoreksi sesuai umur, setelah dibagi BB, maka hasil yang didapat berupa VO_{2max} dalam ml O_2 /kg BB/menit.

Kelebihan dalam pemakaian ergocycle

- a) Subjek penelitian tidak tertalu capai karena mengayuh sambil duduk.
- b) Aktivitas mengayuh sepeda ergo melibatkan kontraksi otot tungkai.

Kelemahan dalam pemakaian ergocycle

- a) Aktivitas otot tungkai dan tubuh sangat dipengaruhi oleh rpm serta beban yang diberikan.
- b) Otot yang leih dominan bekerja hanya bagian kontraksi otot tungkai, sedangkan otot lengan hanya untuk memegang stang sepeda.

Tabel 2.4 : Nilai normal VO_{2max} pada orang tidak terlatih dan atlet, berdasar umur dan sex (Wilmore and Costill, 2005) – dalam ml/kg/min, sebagai berikut :

Age	Male	Female
10-19	47-56	38-46
20-29	43-52	33-42
30-39	39-48	30-38
40-49	36-44	26-35
50-59	34-41	24-33
60-69	31-38	22-30
70-79	28-35	20-27

2.5.3 Tes lari 12 menit (Cooper)

Tes ini dikembangkan oleh Dr. Kenneth Cooper. Dimana naracoba melakukan aktivitas berlari selama 12 menit secara terus menerus pada lintasan lari atletik yang sepanjang 400 meter atau lintasan manapun dengan syarat jarak dapat diukur dengan akurat.

Kelebihan dalam tes lari 12 menit (Cooper)

- a) Kontraksi otot seluruh tubuh.
- b) Ruang gerak lebih leluasa.
- c) Kecepatan dapat diatur diri sendiri.

Kelemahan dalam tes lari 12 menit (Cooper)

- a) Terkendala cuaca.
- b) Kecepatan tidak stabil.

Tabel tes lari 12 menit.

Tabel 2.5 Tes Lari / Jalan 12 Menit (Cooper)

Kategori	Ukuran / Tes	Umur (tahun)					
		13-19	20-29	30-39	40-49	50-59	> 60
Laki-Laki							
Baik Sekali Skor: 5	Vo2 max 12 mnt(Km)	> 51.0 > 2.76	> 46.5 > 2.64	> 45 > 2.51	> 43.8 > 2.46	> 41.0 > 2.32	> 36.5 > 2.12
Baik Skor: 4	VO2 max 12 mnt(Km)	45.2-50.9 2.51-2.75	42.5-46.4 2.40-2.62	41.0-44.9 2.33-2.49	39.00-43.7 2.24-2.44	35.8-40.9 2.09-2.30	32.2-36.4 1.93-2.11
Cukup Skor: 3	Vo2 max 12 mnt(Km)	38.4-45.1 2.20-2.49	36.5-42.4 2.11-2.38	35.5-40.9 2.09-2.32	33.6-38.9 2.0-2.22	31.0-35.7 1.87-2.08	26.1-32.2 1.64-1.92
Kurang Skor: 2	Vo2 max 12 mnt(Km)	35.0-38.3 2.08-2.19	33.0-36.4 1.95-2.09	31.5-35.4 1.88-2.08	30.2-35.5 1.82-1.98	26.1-30.9 1.64-1.85	20.5-26.0 1.39-1.63
Krg Sekali Skor: 1	Vo2 max 12 mnt(Km)	< 35.0 < 2.08	< 33.0 < 1.95	< 31.5 < 1.88	< 30.2 < 1.82	< 26.1 < 1.64	< 20.5 < 1.39
Perempuan							
Baik Sekali Skor: 5	Vo2 max 12 mnt (Km)	> 39.0 > 2.16	> 37.0 > 2.16	> 35.7 > 2.08	> 32.9 > 2.00	> 31.5 > 1.90	> 30.3 > 1.76
Baik Skor: 4	Vo2 max 12 mnt (Km)	35.0-38.9 2.08-2.28	33.0-36.9 1.96-2.14	31.5-35.6 1.90-2.06	29.0-32.8 1.79-1.98	27.0-31.4 1.69-1.88	24.5-30.2 1.58-1.74
Cukup Skor: 3	Vo2 max 12 mnt (Km)	31.0-34.9 1.90-2.60	29.0-32.9 1.79-1.95	27.0-31.4 1.69-1.88	24.5-28.9 1.58-1.77	22.8-26.9 1.50-1.68	20.2-24.4 1.39-1.56
Kurang Skor: 2	Vo2 max 12 mnt (Km)	25.0-30.9 1.60-1.88	23.6-28.9 1.53-1.77	22.8-26.9 1.52-2.68	21.0-24.4 1.40-1.56	20.2-22.7 1.34-1.48	17.5-20.1 1.24-1.37
Krg Sekali Skor: 1	Vo2 max 12 mnt (Km)	< 25 < 1.60	< 23.6 < 1.53	< 22.8 < 1.50	< 21.0 < 1.40	< 20.2 < 1.34	< 17.5 < 1.24

Sumber : Cooper 1982

2.5.4 Harvard step tes

Harvard Step test merupakan tes kesegaran jasmani yang sederhana. Tes ini bertujuan untuk mengukur kesegaran jasmani untuk kerja otot dan kemampuannya pulih

dari kerja. Caranya adalah dengan naik turun bangku terus menerus selama 5 menit dengan kecepatan 30 langkah/menit atau sampai seseorang tak mampu bertahan dalam kecepatan 30 langkah/menit. Setelah 5 menit denyut jantung diukur dalam menit ke-1, menit ke-2 dan menit ke-3 yang menunjukkan waktu pemulihan setelah latihan. Tes ini berdasarkan tinggi bangku dan tinggi seseorang yang bervariasi, juga dipengaruhi berat badan. Hal ini menyebabkan seseorang yang lebih berat badannya akan bekerja lebih keras daripada yang lebih kurus sehingga mempengaruhi hasil (Johnson B :1986).

Kelebihan dalam Harvard step tes.

- a) Waktunya paling pendek.
- b) Hanya naik turun bangku.

Kelemahan dalam Harvard step tes.

- a) Resiko cedera paling besar.
- b) Membutuhkan ketelitian dan keserasian dalam irama langkah

2.5.5 Tes ACSPFT

Tes kebugaran jasmani ACSPFT (*Asian Commitee on the Standardization of Physical Fitness Test*) merupakan tes kebugaran jasmani di lapangan yang sudah diakui secara internasional dan dibakukan di Asia. Tes ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kebugaran jasmani seseorang. Tes ini relatif murah dan mudah dikerjakan (Departemen Pendidikan dan Kebudayaan; 1977). Tes ACSPFT merupakan rangkaian tes yang terdiri dari (1) Lari 12 menit untuk mengukur kecepatan dan Cardiovasculer (2) Pull up untuk mengukur gerak eskplosif tubuh/ daya ledak otot, (3) Bergantung siku tekuk (putri) untuk mengukur kekuatan statis dan daya tahan lengan serta bahu, (4) Baring duduk /sit up 60 detik untuk mengukur daya tahan otot-otot perut, (5) Push up 60 detik untuk

mengukur daya tahan otot lengan serta bahu dan dada,serta punggung (6) Lari hilir mudik 3 x 10 m untuk mengukur ketangkasan.

2.6 VO2 maks Pada Cabang Olahraga

Tabel 2.6. Sumbangan efektif volume tidal (SE_{X1}), kadar hemoglobin (SE_{X2}) dan frekuensi denyut jantung/menit (SE_{X3}) terhadap VO2 maks (Y) pada berbagai cabang olahraga

Olahraga	SE X1	SE X2	SE X#
Renang	34,67	14,19	43,91
Sepak bola	24,40	29,11	45,44
Bulu tangkis	27,24	50,59	10,75
Bola Voli	11,66	45,00	39,95
Tenis	18,60	16,41	31,3
Tenis meja	12,99	3,77	81,5
Bola Basket	12,60	20,34	67,8

SE volume tidal terhadap VO2 maks (SE_{X1}) paling besar pada atlet olahraga renang sebesar 34,67% diikuti atlet olahraga bulutangkis sebesar 27,24% dan paling kecil atlet olahraga bola volly sebesar 11,66%. SE kadar hemoglobin terhadap VO2 maks (SE_{X2}) paling besar pada atlet olahraga bulutangkis sebesar 50,59% diikuti olahraga bolavolly sebesar 45% dan paling kecil tenismeja sebesar 3,77%. SE frekuensi denyut jantung per menit terhadap VO2 maks (SE_{X3}) paling besar pada atlet olahraga tenis meja sebesar 81%, diikuti bola basket sebesar 67,8% dan paling kecil bulu tangkis sebesar 10,75%.

Tabel 2.7 Nilai normal VO₂max pada atlet, berdasar umur dan jenis kelamin
(Wilmore and Costill, 2005) – dalam ml/kg/min.

Sport	Age	Male	Female
Baseball	18-32	48-56	52-57
Basketball	18-30	40-60	43-60
Cycling	18-26	62-74	47-57
Canoeing	22-28	55-67	48-52
Gymnastics	18-22	52-58	35-50
Rowing	20-35	60-72	58-65
Soccer	22-28	54-64	50-60
Speed skating	18-24	56-73	44-55
Swimming	10-25	50-70	40-60
Track & Field - Discus	22-30	42-55	
Track & Field - Running	18-39	60-85	50-75
Track & Field - Running	40-75	40-60	35-60
Track & Field - Shot	22-30	40-46	
Volleyball	18-22		40-56
Weight Lifting	20-30	38-52	
Wrestling	20-30	52-65	

Tabel 2.8

Berbagai olahraga dan aktifitas dan sistem-2 energi yang dominan (Fox and Mathews, 1981)

Kegiatan Olahraga	ATP-FC & Lactic acid	Lactic acid - O ₂	O ₂
1. Baseball	80	20	-
2. Basketball	85	15	-
3. Fencing	90	10	-
4. Field hockey	60	20	20
5. Football	90	10	-
6. Golf	95	5	-
7. Gymnastics	90	10	-
8. Ice hockey			
a. Forward, defense	80	20	-
b. Goalie	95	5	-
9. Lacrosse			
a. Goalie, defence, attackman	80	20	-
b. Midfielders, man-down	60	20	20
10. Rowing	20	30	50
11. Skiing			
a. Slalom, jumping, downhill	80	20	-
b. Cross-country	-	5	95
c. Pleasure skiing	34	33	33
12. Soccer			
a. Goalie, wings, strikers	80	20	-
b. Halfbacks, or link men	60	20	20
13. Swimming and diving			
a. 50 m. diving	98	2	-
b. 100 m, 100 yd (all stroke)	80	15	5
c. 200 m, 200 yd (all stroke)	30	65	5
d. 400m, 400-500yd Free style	20	55	25
e. 1500, 1650 yd	10	20	70
14. Tennis	70	20	10
15. Track and field			
a. 100m, 100yd, 200yd, 200yd	98	2	-
b. Field events	90	10	-
c. 200m, 440 yd	80	15	5
d. 800m, 880 yd	30	65	5
e. 1500m, 1 miles	20	55	25
f. 2 miles	20	40	40
g. 3 miles, 5000 m	10	20	70
h. 6 miles (cross-country),	5	15	80
i. Marathon	-	5	95
16. Volleyball	90	10	-
17. Wrestling	90	10	-
18. Softball	80	20	-

Dari tabel diatas Fox and Mathews, (1981) dapat ditarik kesimpulan antara lain:

- 1) Untuk atlet yang mengeluarkan seluruh tenaga dalam waktu yang pendek, seperti lompat tinggi, angkat besi, maka yang diperlu diterapkan adalah sistem energi ATP-PC.
- 2) Untuk atlet yang penampilannya 30 detik sampai setengah menit yang perlu diditingkatkan ATP-FC dan asam laktat.

2.7. Penyediaan Sistem Aerobik dan Anaerobik

Perkembangan kondisi anaerobik dan aerobik selama aktivitas fisik atau latihan penting diketahui dalam mempelajari kesegaran jasmani khususnya kesegaran kardiorespirasi. Secara metabolik, ketahanan aerobik disediakan oleh sistem oksidatif untuk tercapainya ketahanan jangka lama yang berlangsung dengan adanya oksigen, sedangkan kondisi anaerobik tersedia melalui penggunaan sistem Adenosin Triphospat – Phosphate Creatin (ATP-PC) dan sistem asam laktat untuk aktivitas fisik yang intensif dan segera yang diperoleh tanpa kehadiran oksigen. Respon energi yang dihasilkan oleh sistem-sistem ini menghasilkan kapasitas kerja fisiologis dari tubuh untuk penampilan fisik. Kedua sistem ini bekerja saling berhubungan satu sama lain menggunakan proses metabolik oksidatif maupun glikolisis dalam tingkat yang lebih besar atau lebih sedikit tergantung kebutuhantubuh (Battinelli T. Physique,2000).

2.7.1 Sistem ATP-PC (*phosphagen*)

Energi dari makanan diperlukan untuk melakukan aktivitas tidak dapat diserap langsung dari makanan tapi diperoleh dari persenyawaan kimia yang disebut ATP (*Adenocine Tri Phosphat*), ATP disimpan dalam otot dalam jumlah terbatas bila kurang akan terus ditambah melalui senyawa kimia dari zat-zat lain diantaranya PC (*Phosfo Creatine*) yang juga tersimpan dalam otot.

Bila ATP diuraikan, seperti *fosfat* dilepas dari molekul, maka dengan sendirinya telah dilepaskan antara 7-12 kalori energi senyawa kimiawi dapat ditunjukkan sebagai berikut :



Disamping energi yang dilepas, sebagai produk sampingan adalah ADP (*Adenosine Diphosphate*) dan Pi (*Phosphat Inorganic*) energi dari ATP ini digunakan untuk kontraksi otot.

Penampilan yang memakan waktu singkat dan intensitas tinggi energinya perlu disediakan segera. Energi ini didapat dari ATP dan PC. ATP dan PC keduanya mengandung kelompok fosfat, maka sistem ini disebut *phosphagen*.

Produk akhir dari penguraian kedua kelompok ini adalah *creatine* (C) dan *fosfat inorganic* (Pi). Energi akan segera tersedia dan secara biokimia akan dirangkai untuk mensintesis $\text{ADP} + \text{P} \longrightarrow \text{ATP}$. Rangkaian reaksi kimia dapat digambarkan sebagai berikut : $\text{PC} \longrightarrow \text{Pi} + \text{C} + \text{Energi}$



Sistem energi ini berlangsung sekitar 8-10 detik pada latihan intensitas tinggi (Yusuf, H. Dan Aip Sarifudin, 1996:113-114).

2.7.2 Sistem *anaerobic* (asam laktat)

Istilah *glikolisis* berarti menguraikan glikogen atau glukosa (karbohidrat), dan *anaerobic* berarti tanpa *oksigen*. Jadi dalam *glikolisis anaerobic*, *glikogen* atau *glukosa* diuraikan tanpa bantuan oksigen. Energi dilepas untuk *mensintesis* ATP dan hasil akhirnya adalah asam laktat. Waktu sistem ini berlangsung sekitar 40 detik.

Bila asam laktat tertimbun dalam otot dan darah dalam jumlah yang tinggi maka akan menyebabkan kelelahan secara temporer. Sistem asam laktat pembentukan energinya lebih lambat dari sistem ATP-PC, jadi kontraksi otot yang cepat mempergunakan sistem ATP-PC dan kontraksi otot lambat mempergunakan sistem asam laktat (Yusuf. H. dan Aip S, 1996:114)

2.7.3 Sistem *aerobic* (oksigen).

Pembentukan ATP pada sistem ini terjadi dengan *metabolisme aerobik*. *Metabolisme aerobik* ini terjadi dalam otot, pengaruhnya juga lebih lambat dan tidak dapat digunakan secara cepat.

Atlet yang memanfaatkan oksigen melalui latihan aerobik, hasil yang dicapai adalah :

- 1) Jantung menjadi lebih kuat sehingga darah dapat dipompa lebih banyak.
- 2) Pembuluh nadi akan bertambah lebih lebar sehingga banyak darah melaluinya.
- 3) Sel darah merah akan meningkat jumlahnya sehingga oksigen bertambah.

Sistem *aerobik* merupakan sumber energi untuk aktivitas yang lama antara 2 menit sampai 2-3 jam. Menurut Peter G.J.M. Janssen (Peni K.S. Mutalib, 1993: 13) Jumlah ATP dalam otot terbatas, dan jika tidak terjadi pembentukan ATP, sumber energi akan segera habis. Dalam otot secara konstan ATP akan terbentuk kembali dari ADP yang

sudah ada sehingga jumlah ATP tetap cukup bagi otot untuk melanjutkan aktivitas itu.

ATP dapat terbentuk dari :



Proses ini berlangsung secara *anaerobik* (tanpa menggunakan oksigen) dan *alaktik* (tanpa membentuk laktat).



Proses ini berlangsung secara *anaerobik* (tanpa menggunakan oksigen) dan *laktik* (membentuk laktat).



Proses ini berlangsung secara aerobik (menggunakan oksigen) dan *alaktik* (tanpa membentuk laktat).



Proses ini berlangsung secara *aerobik* (menggunakan oksigen) dan *alaktik* (tanpa membentuk laktat).

Dari menganalisa sistem pembentukan energi yang ada, aktivitas olahraga yang kita kerjakan ada kalanya bersifat *anaerobik* atau *aerobik*. Supaya kita dapat mempersiapkan sistem energi yang digunakan dalam olahraga tersebut, maka perlu diketahui sistem energi manakah yang dominan dalam olahraga tersebut.

Secara garis besar dapat disimpulkan sebagai berikut, jika kita ingin mengetahui energi dominan dari berbagai macam olahraga:

- 1) Kekuatan yang besar untuk jangka waktu yang pendek menggunakan energi yang berasal dari ATP-PC maupun asam laktat atau dikenal sebagai *anaerobik*.
- 2) Kekuatan yang kecil atau sedang yang dapat dipertahankan untuk jangka waktu yang lama menggunakan energi yang berasal dari pembakaran dengan O₂ atau sistem *aerobik* (Soekarman, 1987).

2.8 Peranan Latihan Fisik Terhadap VO₂ maksimal

Di saat melaksanakan aktivitas fisik/latihan yang berintensitas tinggi, maka jumlah energi yang diperlukan sangat besar dalam waktu relatif singkat, persediaan energi dalam bentuk ATP, digunakan secara besar untuk mendukung aktivitas fisik tersebut. Keseimbangan energi dalam tubuh perlu dijaga untuk menjaga kestabilan fungsi seluruh aktivitas basal tubuh maka bahan cadangan energi seperti lemak, glikogen akan dioksidasi untuk menghasilkan energi. Apa bila dilakukan pada latihan yang submaksimal, maka sistem yang berperan menyediakan energi adalah 70% berasal dari sistem glikolisis anaerobik dan 30% dari sistem aerobik (Bompa, 1994) Sedangkan pada latihan submaksimal bahan bakar yang terpakai pertama kali adalah karbohidrat dan selanjutnya makin digantikan oleh lemak, pergeseran ini terjadi secara bertahap sejak simpanan glikogen di otot dan di hati mulai menyusut (Fox, 1993). Tetapi dalam latihan yang submaksimal ini akan menyebabkan penurunan akumulasi asam laktat terutama pada latihan daya tahan, penurunan akumulasi asam laktat akan menyebabkan ambang anaerobik meningkat hal ini disebabkan karena sistem anaerobik sangat tergantung pada kecepatan pembentukan asam laktat (Fox, 1993). Dalam kondisi ini pasokan oksigen sebagai oksidator utama harus mencukupi kebutuhan. Kemampuan atlet dalam memasok

molekul oksigen dari udara dalam tubuhnya haruslah besar (Sudarso, 2004) Sedangkan pada latihan maksimal selama 30-120 detik, kadar laktat bisa mencapai 15-25 mM yang diukur setela latihan 3-8 menit, peningkatan kadar laktat yang tinggi mengindikasikan terjadinya iskemia dan hipoksia (Goodwin,2007)