

SKRIPSI

**HUBUNGAN OBESITAS SENTRAL DENGAN VO2 MAKS
PADA MAHASISWA FISIOTERAPI FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
TAHUN 2012**



**IDIAWATI NURLIM
C131 09 264**

**PROGRAM STUDI FISIOTERAPI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2012**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**HUBUNGAN OBESITAS SENTRAL DENGAN VO2 MAKS
PADA MAHASISWA FISIOTERAPI FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
TAHUN 2012**

**OLEH:
IDIAWATI NURLIM
C131 09 264**

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi pada :
Hari/Tanggal: Kamis/29 November 2012

Tim Pembimbing:

1. **Drs. H. Djohan Aras, S.Ft, Physio, M.Kes** (.....)
2. **St. Nurul Fajriah, S.Ft, Physio, M.Kes** (.....)

Tim Penguji:

3. **DR. dr. Ilhamjaya Patellongi, M.Kes** (.....)
4. **Yonathan Ramba, S.Ft, Physio, M.Pd** (.....)

Mengetahui

A.n Dekan Fakultas Kedokteran
Universitas Hasanuddin
Wakil Dekan 1

Ketua Program Studi S1 Fisioterapi
Fakultas Kedokteran
Universitas Hasanuddin

Prof. dr. Budu, Ph.D., Sp.M, KVR
NIP. 19661231 199503 1 009

Drs.H.Djohan Aras, S.Ft, Physio, M.Kes
NIP. 19550705 197603 1 005

ABSTRAK

IDIAWATI NURLIM

“Hubungan Obesitas Sentral dengan VO2 Maks pada mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Tahun 2012”.
Skripsi Program Studi Fisioterapi, Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin Makassar. (Dibimbing oleh Djohan Aras dan St. Nurul Fajriah)

Latar Belakang. Obesitas sentral pada usia ≥ 15 tahun jumlahnya semakin meningkat. Kelebihan lemak abdominal berkorelasi dengan sejumlah penyakit kardiovaskuler, dan menurunkan kebugaran fisik seseorang. Mahasiswa membutuhkan kebugaran yang baik untuk menunjang aktifitasnya sehari-hari. Kebugaran diperoleh dari kemampuan sistem kardiorespirasi menyediakan oksigen maksimal dalam sekali curah jantung. Individu dengan presentasi lemak abdominal yang tinggi, umumnya memiliki VO2 maks yang rendah.

Tujuan. Untuk mengetahui hubungan obesitas sentral dengan VO2 maks pada mahasiswa.

Metode. Penelitian *Cross-sectional* dengan metode *cluster sampling* dilakukan pada 42 orang mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin yang berjenis kelamin perempuan pada bulan oktober-november 2012. Obesitas sentral dinilai dengan pengukuran lingkaran pinggang. Sedangkan VO2 maks diperoleh dengan *3-Minutes Step Test* yang dikategorikan menjadi excellent, good, above average, average, below average, poor, dan very poor. Analisis menggunakan uji *Chi-Square*.

Hasil. Prevalensi obesitas pada mahasiswa sebanyak 21 orang (26,6%) untuk jenis kelamin perempuan dan tidak ditemukan pada jenis kelamin laki-laki. Distribusi obesitas sentral tidak mengalami perbedaan pada kelompok usia remaja lanjut dan dewasa muda, begitupula dengan distribusi VO2 maks pada kelompok usia, juga tidak mengalami perbedaan. Pada kelompok obesitas sentral didapatkan VO2 maks excellent 4,8%, good dan above average 14,3%, average dan below average 23,8%, poor 14,3, dan very poor 4,8%. Pada kelompok non obesitas sentral ditemukan VO2 maks good 38,1%, above average 23,8%, excellent, average, dan below average sebanyak 9,5%, poor 4,8%, dan tidak ditemukan VO2 maks very poor. Terdapat hubungan yang bermakna ($p=0,002$) antara obesitas sentral dengan VO2 maks pada mahasiswa.

Kesimpulan. Obesitas sentral berbanding terbalik (hubungan negatif) dengan VO2 maks pada mahasiswa.

Kata Kunci: Obesitas Sentral, VO2 Maks, Mahasiswa

KATA PENGANTAR



Assalamu alaikum Wr.Wb

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kesempatan, rahmat, dan hidayah sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Hubungan Obesitas Sentral dengan VO2 Maks pada Mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Tahun 2012**” sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi di program studi Fisioterapi S1 Profesi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Keberhasilan penyusunan skripsi penelitian ini adalah berkat bimbingan, kerjasama serta bantuan moril dari berbagai pihak sehingga segala rintangan yang dihadapi selama penelitian dan penyusunan ini dapat terselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini dengan hati yang tulus dan penuh rasa hormat, saya ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda H. Abd. Halim, BA dan Ibunda Hj. A. Nurhayati, SP, M.Si yang selalu memberikan dorongan dan bantuan yang tulus baik berupa moril maupun materil kepada kami selama penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. dr. Idrus A. Paturusi, Sp.B.OT., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
3. Bapak dr. Irawan Yusuf, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin.

4. Bapak Drs. Djohan Aras, S.Ft., Physio., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Fisioterapi, Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin.
5. Bapak DR. dr. Ilhamjaya Patellongi, M.Kes selaku penguji I dan bapak Yonathan Ramba, S.Ft, Physio, M.Pd selaku penguji II yang telah banyak memberikan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Dosen Pembimbing Bapak Djohan Aras, S.Ft, Physio, M.Kes selaku Pembimbing I dan Ibu St. Nurul Fajriah, S.Ft, Physio, M.Kes selaku Pembimbing II, atas masukan dan bimbingannya selama penyelesaian skripsi ini.
7. Kakak tercinta, Risma Nurlim, S.Kep dan seluruh keluarga yang setia memberikan motivasi dan semangat selama penyelesaian skripsi ini.
8. Teman seperjuangan STERE09NOSIS NAN JAYA
9. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian proposal penelitian ini yang tidak sempat kami sebutkan satu persatu.

Akhirnya saya berharap semoga proposal ini dapat bermanfaat bagi perkembangan Fisioterapi di masa yang akan datang sekaligus memacu motivasi rekan-rekan sejawat untuk meneliti lebih lanjut.

Tak lupa saya mohon maaf bilamana ada hal-hal yang tidak berkenan dalam penulisan karya ini, karena saya menyadari sepenuhnya bahwa karya ini masih jauh dari kesempurnaan. Harapan kami semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-NYA kepada kita semua., Aamiin.

Makassar, November 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG.....	
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
ABSTRAK	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan penelitian	4
D. Manfaat penelitian	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Anatomi dan Fisiologi Kardiovaskular	7
B. Tinjauan Tentang Obesitas Sentral.....	10
C. Tinjauan Mengenai Lingkar Pinggang.....	15
D. Tinjauan Mengenai VO ₂ Maks	16
E. Hubungan Obesitas Sentral dengan VO ₂ Maks	30
 BAB III KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS	
A. Kerangka konsep.....	32
B. Hipotesis	32

BAB IV METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian	33
B. Tempat dan Waktu Penelitian	33
C. Populasi dan Sampel.....	33
D. Alur Penelitian	34
E. Variabel Penelitian.....	35
1. Identifikasi Variabel	35
2. Definisi Operasional Variabel.....	35
F. Pengolahan dan Analisis Data	38
G. Masalah Etika.....	38

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	39
1. Gambaran Umum Subjek Penelitian	39
2. Distribusi Obesitas Sentral pada Mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hsanuddin	40
3. Distribusi VO ₂ Maks pada Mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hsanuddin	41
4. Hubungan Obesitas Sentral dengan VO ₂ Maks pada Mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hsanuddin.....	43
B. Pembahasan.....	47
1. Gambaran Umum Subjek Penelitian	47
2. Distribusi Obesitas Sentral pada Mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hsanuddin	48

3. Distribusi VO2 Maks pada Mahasiswa Fisioterapi	
Fakultas Kedokteran Universitas Hsanuddin	50
4. Hubungan Obesitas Sentral denganVO2 Maks pada Mahasiswa	
Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hsanuddin.....	51
5. Keterbatasan Penelitian.....	53
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	54
B. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Kriteria Ukuran Lingkar Pinggang berdasarkan Etnis.....	16
2.2	Kriteria Penilaian Denyut Nadi 1 menit setelah <i>3-Minutes Step Test</i> Untuk Pria	23
2.3	Kriteria Penilaian Denyut Nadi 1 menit setelah <i>3-Minutes Step Test</i> Untuk Wanita	24
4.1	Kriteria Objektif Obesitas Sentral berdasarkan Jenis Kelamin	36
4.2	Kriteria Objektif Obesitas Sentral menurut Ukuran Lingkar Pinggang	36
4.3	Kriteria Objektif Nilai VO ₂ Maks berdasarkan nilai denyut nadi untuk kelompok usia 18-25 tahun.....	37
4.4	Kriteria Objektif Kelompok Usia Sample Penelitian.....	37
5.1	Distribusi Obesitas Sentral berdasarkan Jenis Kelamin.....	40
5.2	Distribusi Obesitas Sentral berdasarkan Kelompok Usia.....	40
5.3	Distribusi VO ₂ Maks berdasarkan Kelompok Usia.....	42
5.4	Perbandingan Nilai VO ₂ Maks Kelompok Obesitas Sentral dan Non Obesitas Sentral.....	43
5.5	Hasil Uji <i>Cross-Tab</i> dengan Expected Count.....	45
5.6	Tabel 2x2 Perbandingan Nilai VO ₂ Maks Kelompok Obesitas Sentral dan Non Obesitas Sentral	45
5.7	Hasil Uji <i>Chi-Square</i>	46
5.8	Mantel Haenzel Common Odds Ratio Estimate.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
4.1 Cara Pengukuran <i>3-Minutes Step Test</i>	37
5.1 Distribusi Obesitas Sentral berdasarkan Kelompok Usia.....	41
5.2 Distribusi Persentase VO ₂ Maks berdasarkan Kelompok Umur.....	43
5.3 Perbandingan VO ₂ Maks antara Kelompok Obesitas Sentral dengan Kelompok Non Obesitas Sentral.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Surat Izin Penelitian.....	1
2 Master Tabel.....	2
3 Hasil <i>Cross-Tab</i> variabel.....	4
4 Lembar Informed Consent.....	8
5 Daftar Riwayat Hidup.....	9

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Obesitas merupakan masalah kesehatan yang memerlukan perhatian khusus karena berkaitan dengan berbagai faktor risiko penyakit, juga merupakan masalah epidemiologi global serta ancaman yang serius bagi kesehatan (WHO,2012).

Prevalensi obesitas meningkat secara tajam pada dekade terakhir ini, sehingga merupakan bagian dari epidemik pada beberapa negara. Menurut data dari World Health Organization, pada tahun 2012 lebih dari 1,4 miliar orang dewasa, usia 20 tahun ke atas mengalami overweight. Dari angka tersebut, lebih dari 200 juta laki-laki dan 300 juta wanita adalah obesitas (WHO, 2012).

Menurut data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2007, prevalensi nasional obesitas secara umum pada penduduk berusia ≥ 15 tahun adalah 10,3%, yakni laki-laki 13,9% dan perempuan 23,8% (Depkes RI, 2009). Prevalensi obesitas sentral di Indonesia menurut kriteria pengukuran lingkaran pinggang adalah sebanyak 7,7% pada laki-laki dan 29,7% pada wanita. Sedangkan untuk penduduk dengan kelompok usia 15-24 tahun adalah sebanyak 8 %.

Berdasarkan penelitian dengan menggunakan pengukuran indeks massa tubuh pada tahun 2011, diperoleh data prevalensi obesitas I dan II pada mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin tahun 2011 sebanyak 12% pada laki-laki dan 28 % pada perempuan (Gondo, 2011).

Beberapa studi prospektif menunjukkan bahwa kelebihan massa lemak abdomen lebih berkorelasi dengan peningkatan mortalitas dan risiko penyakit diabetes, hiperlipidemia, hipertensi dan arterosklerosis dibandingkan dengan bagian bawah tubuh (gluteo-femoral) (Oetomo, 2011).

Masa remaja merupakan masa pertumbuhan cepat dan terjadi perubahan dramatis pada komposisi tubuh yang mempengaruhi aktivitas fisik dan respon terhadap latihan. Terdapat peningkatan pada ukuran tulang dan massa otot serta terjadi perubahan pada ukuran dan distribusi dari penyimpanan lemak tubuh (Meredith 1996 dalam Utari, 2007).

Penelitian di Belanda melaporkan bahwa kekuatan aerobik (VO₂ maks) puncaknya pada umur 18 dan 20 tahun pada laki-laki serta 16 dan 17 tahun pada anak perempuan, bertepatan dengan umur puncak massa otot. Pengukuran kebugaran jasmani pada sebuah penelitian 8800 orang Amerika berusia 10-18 tahun menunjukkan bahwa kebugaran kardiorespirasi cenderung tetap konstan atau meningkat antara usia 12-18 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa daya tahan tiap unit massa tubuh tanpa lemak mungkin menurun atau masih belum berubah (Johnson B 1996 dalam Utari, 2007).

Survei di Indonesia pada remaja usia 12-19 tahun menunjukkan bahwa tingkat kebugaran kardiorespirasi pada remaja yaitu 78,1% dengan kriteria kurang, 15,6% dengan kriteria sedang, dan 6,3% dengan kriteria baik. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata tingkat kebugaran pada remaja usia 12-19 tahun masih sangat rendah. Anak perempuan memiliki risiko kurang aktif yang lebih besar dibandingkan anak laki-laki, terutama menjelang dan setelah masa pubertas. Kecenderungan statistik ini sesuai dengan pendidikan olahraga. Hanya sepertiga

sekolah dasar dan menengah memberikan pendidikan olahraga setiap hari (Eliyus, 2005).

Lingkar pinggang merupakan pengukur distribusi lemak abdominal yang mempunyai hubungan erat dengan indeks massa tubuh (Bell et al dalam Adriansjah, 2003). Ukuran lingkar pinggang yang lebih dari normal menggambarkan banyaknya adanya penimbunan lemak didaerah perut. Lemak perut cukup berbahaya, sebab berada di dekat organ interna, seperti hati dan usus. Hormon yang dikeluarkan oleh sel lemak dapat mempengaruhi beberapa hal, antara lain menyebabkan resistensi insulin, sehingga gula darah dapat meninggi atau menurun seketika. Hasil penelitian menunjukkan seseorang dengan rasio pinggang-panggul yang melebihi normal memiliki risiko 7,69 kali lebih tinggi untuk menderita kejadian stroke/TIA, dibandingkan dengan orang yang memiliki ratio lingkar pinggang-panggul yang normal.

Pemeriksaan lingkar pinggang adalah pemeriksaan sederhana yang mudah dilakukan. Baik WHO maupun NCEP ATP III telah merekomendasikan pemeriksaan lingkar pinggang untuk menentukan adanya obesitas sentral dengan akurasi yang cukup tinggi (WHO 1999 dalam Adriansjah, 2003).

Konsumsi oksigen maksimal (VO_2 maks) memiliki hubungan dengan derajat kondisi fisik dan sebagai parameter kebugaran fisik seseorang. Orang dengan tingkat kebugaran yang baik memiliki nilai VO_2 maks lebih tinggi dan dapat melakukan aktivitas lebih kuat dibanding mereka yang tidak dalam kondisi baik (Mackenzie, 2004).

Mahasiswa Fakultas Kedokteran, khususnya Fisioterapi memerlukan kebugaran fisik yang baik. Aktivitas kuliah dan praktikum yang dijalani setiap

hari perlu ditunjang dengan kebugaran fisik yang baik pula. Untuk aktivitas yang membutuhkan energi lebih dari 3 menit, penyediaan energi dilakukan melalui metabolisme aerobik yang membutuhkan oksigen. Penyediaan oksigen untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut ditunjang oleh kemampuan kardiovaskuler untuk mengkonsumsi oksigen secara maksimal.

Perbedaan komposisi tubuh menyebabkan perbedaan konsumsi oksigen. Tubuh yang memiliki presentase lemak tinggi, mempunyai konsumsi oksigen maksimum atau VO_2 maks lebih rendah (Mackenzie, 2004). Penelitian mengenai hubungan indeks massa tubuh dengan penurunan VO_2 maks sudah banyak diteliti, tetapi hubungan antara lingkar pinggang sebagai parameter obesitas belum banyak diteliti.

B. RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam penelitian ini yakni:

“Bagaimana hubungan antara Obesitas Sentral dengan VO_2 maks pada mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin tahun 2012”.

C. TUJUAN PENELITIAN

1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui hubungan antara obesitas sentral dengan VO_2 maks pada mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin tahun 2012.

2. Tujuan khusus

- a. Diketuainya distribusi obesitas sentral menurut lingkaran pinggang pada mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin tahun 2012 berdasarkan usia dan jenis kelamin.
- b. Diketuainya distribusi hasil VO₂ maks pada mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin tahun 2012 berdasarkan usia dan jenis kelamin.
- c. Diketuainya perbandingan hasil VO₂ maks antara kelompok obesitas sentral dan non obesitas sentral pada mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin tahun 2012 berdasarkan usia dan jenis kelamin.
- d. Diketuainya hubungan antara lingkaran pinggang dengan VO₂ maks pada mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin tahun 2012.
- e. Diketuainya besarnya risiko obesitas sentral dengan rendahnya VO₂ maks pada mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin tahun 2012.

D. MANFAAT PENELITIAN

1. Bagi Peneliti

Mendapatkan pengalaman dalam mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh dan memperluas wawasan mengenai hubungan antara obesitas sentral dengan VO₂ maks pada mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin tahun 2012.

2. Bagi Profesi Fisioterapi

Menambah informasi khususnya mengenai hubungan antara obesitas sentral dengan VO₂ maks pada mahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin tahun 2012.

3. Manfaat Ilmiah

Memperkaya khasanah ilmu pengetahuan dan merupakan salah satu bahan bacaan dan bahan kajian peneliti selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM KARDIOVASKULAR

Jantung adalah suatu organ muskular yang berbentuk conus sebesar kepalan tangan (tinju), bertumpu pada diafragma thoracis dan berada di antara kedua pulmo. Dibungkus oleh suatu selaput yang disebut pericardium dan menempati mediastinum medium. Letak jantung sedemikian rupa, sehingga puncaknya (apex cordis) menghadap ke caudo-ventral sinistra, dua per tiga bagian jantung berada di sebelah kiri linea mediana. Memiliki sel tunggal yang beralur dan kontraksinya tidak disadari (autonom) (Guyton and Hall, 2008).

Jantung manusia memiliki empat ruangan, yaitu dua ruang atrium (serambi) dan dua ruang ventrikel (bilik), sebagai berikut.

1. Atrium Dekstra

Bentuknya agak lebih besar daripada atrium sinistra, tapi dindingnya justru lebih tipis. Volumennya kira-kira 57 cc. Menerima darah dari seluruh tubuh yang membawa sisa hasil metabolisme melalui vena cava superior et inferior.

2. Ventrikel Dekstra

Berbentuk agak bulat dan dindingnya lebih tipis dibandingkan dengan ventrikel sinistra. Antara ventrikel dekstra dan ventrikel sinistra terdapat septum intraventriculorum.

3. Atrium Sinistra

Bentuk lebih kecil daripada atrium dekstra, tetapi mempunyai dinding lebih tebal, yakni 3 mm. Di sini bermuara vena pulmonalis sinistra et dekstra,

tidak memiliki katup. Antara atrium sinistra dan atrium dekstra terdapat septum intratrionum yang merupakan sisa dari foramen ovale.

4. Ventrikel Sinistra

Mempunyai bentuk yang lebih panjang dan lebih kerucut (bulan sabit) dibandingkan ventrikel dekstra. Ujungnya membentuk apeks cordis dan mempunyai dinding yang tiga kali lebih tebal daripada dinding ventrikel dekstra, karena melakukan pemompaan darah lebih kuat. Pada ventrikel ini terdapat pangkal dari aorta (Sherwood, 2001).

Secara umum, sistem kardiovaskuler berfungsi untuk mengatur keadaan stabilitas fisiologis tubuh dalam hal sebagai berikut :

1. Transportasi dan distribusi substansi yang penting, seperti nutrien, oksigen, air, dan elektrolit untuk berbagai jaringan sistemik.
2. Mengeluarkan produk sisa metabolisme tubuh.
3. Mengatur suplai oksigen dan nutrien pada status fisiologi yang berbeda.
4. Mengatur regulasi temperatur tubuh.
5. Mengatur sekresi hormonal (adrenalin).

Mekanisme peredaran darah yang masuk dan keluar jantung disebabkan adanya perbedaan antara tekanan di dalam jantung dan di luar jantung. Darah yang mengalir ke dalam jantung pada saat jantung relaksasi disebut diastole (tekanan diastole normal sekitar 80 mmHg). Apabila tekanan darah di dalam jantung lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan di luar jantung, maka darah akan keluar dari jantung menuju ke paru-paru dan seluruh tubuh. Darah yang

dipompa meninggalkan jantung disebut sistole (tekanan sistole normal sekitar 120 mmHg).

Jantung memiliki siklus tekanan darah yang menurut mekanisme *Frank Starling* bahwa semua darah yang kembali ke jantung seluruhnya akan dipompakan keluar pada saat sistole. Bila kebutuhan oksigen jaringan otot bertambah saat latihan fisik, aliran vena meningkat, sehingga terjadi pemanjangan serabut otot ventrikel pada fase diastole (*preload*), mengakibatkan peningkatan kontraksi, sehingga curah jantung naik. Proses siklus tekanan darah pada jantung adalah sebagai berikut:

1. Sistole

Suatu siklus di mana ventrikel berkontraksi, sedangkan atrium relaksasi, sehingga tekanan intraventrikularis meningkat. Hal ini menyebabkan katup atrioventrikularis menutup, di samping itu darah akan terpompa menuju aorta dan arteri pulmonalis karena katup semilunaris aorta dan katup semilunaris pulmonalis terbuka. Proses penutupan katup atrioventrikularis menyebabkan suara jantung I (S1).

2. Diastole

Suatu siklus di mana ventrikel berelaksasi, sedangkan atrium kontraksi, sehingga tekanan intraatrial meningkat. Hal ini menyebabkan katup atrioventrikularis terbuka dan darah dari atrium masuk ke ventrikel, sedangkan katup semilunaris aorta dan pulmonalis tertutup. Proses penutupan katup semilunaris ini menyebabkan suara jantung II (S2).

a. Daya Tahan Jantung dan Pembuluh Darah

Pada waktu aktivitas fisik diperlukan tambahan oksigen dan nutrisi yang adekuat. Agar tambahan oksigen dan nutrisi dapat terpenuhi diperlukan aliran darah yang cukup. Sebagai reaksi terhadap gerakan dan kerja terjadi perubahan pengambilan oksigen oleh tubuh yang melibatkan penambahan fungsi paru-paru dan curah jantung serta peningkatan jumlah oksigen yang diambil oleh jaringan (Guyton, 2008).

Kemampuan kerja yang terkuat dibatasi oleh jumlah maksimal O_2 yang dapat dihantarkan dari paru-paru ke otot. Jumlah pengambilan O_2 yang maksimal ini disebut VO_2 max atau kapasitas aerobik yang digunakan sebagai parameter untuk menentukan kebugaran jasmani (Astrand, 1970 dalam Madina, 2007). VO_2 maks erat hubungannya dengan sistem transportasi oksigen. Kenaikan VO_2 maks disebabkan oleh kenaikan isi sekuncup serta bertambahnya densitas kapiler otot rangka yang cenderung meningkatkan ekstraksi oksigen dari darah oleh otot rangka (Adirkanda dkk, 1997 dalam Madina, 2007).

B. TINJAUAN TENTANG OBESITAS SENTRAL

1. Defenisi

Obesitas adalah keadaan abnormal atau akumulasi lemak yang berlebihan yang menyebabkan timbulnya risiko terhadap kesehatan (WHO, 2006). Obesitas merupakan keadaan dengan jumlah peningkatan lemak tubuh dari keadaan normal yang masih dapat diterima, disesuaikan dengan umur, jenis

kelamin serta perkembangan tubuh. Peningkatan jumlah lemak tersebut disebabkan oleh peningkatan jumlah sel lemak, penambahan isi lemak pada masing-masing sel atau gabungan keduanya (Rahmatullah, 2000 dalam Ayu, 2009).

2. Jenis-Jenis Obesitas

Berdasarkan letak timbunan lemak, obesitas dibagi menjadi dua (WHO, 2000), yakni:

a. Obesitas Android Tipe Sentral.

Kelebihan lemak yang terpusat pada daerah perut (intra abdominal fat).

Pada umumnya tipe ini dialami pria.

b. Obesitas Tipe Ginekoid atau Tipe Perifer.

Bila lemak tertimbun di setengah bagian bawah tubuh (pinggul dan paha). Kegemukan tipe ini biasanya banyak dialami oleh wanita.

Beberapa penelitian menemukan bahwa peningkatan risiko kesehatan lebih berhubungan dengan obesitas sentral dibandingkan dengan obesitas perifer.

3. Penyebab Obesitas Sentral

Obesitas terjadi akibat mengkonsumsi kalori lebih banyak dari yang diperlukan oleh tubuh. Penyebab terjadinya ketidakseimbangan antara asupan dan pembakaran kalori ini masih belum jelas. Menurut beberapa literatur, obesitas disebabkan oleh banyak faktor, antara lain genetik, nutrisi, lingkungan, hormonal, neurologi, dan sosial (Rahmatullah, 2000).

a. Faktor Genetik

Obesitas cenderung diturunkan, sehingga diduga memiliki penyebab genetik. Akan tetapi anggota keluarga tidak hanya berbagi gen, tetapi juga makanan dan kebiasaan gaya hidup, yang dapat mendorong terjadinya obesitas. Seringkali sulit untuk memisahkan faktor gaya hidup dengan faktor genetik. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa rata-rata faktor genetik memberikan pengaruh sebesar 33% terhadap berat badan seseorang (Farida El Baz, 2009).

b. Faktor Lingkungan

Gen merupakan faktor yang penting dalam berbagai kasus obesitas, tetapi lingkungan seseorang juga memegang peranan yang cukup berarti. Lingkungan ini termasuk perilaku/pola gaya hidup (misalnya apa yang dimakan dan berapa kali seseorang makan serta bagaimana aktivitasnya) (Farida El Baz, 2009).

c. Faktor Psikis

Apa yang ada di pikiran seseorang dapat mempengaruhi kebiasaan makannya. Banyak orang yang memberikan reaksi terhadap emosinya dengan makan. Salah satu bentuk gangguan emosi adalah persepsi diri yang negatif. Gangguan ini merupakan masalah yang serius pada banyak wanita muda yang menderita obesitas (Farida El Baz, 2009)

Ada dua pola makan abnormal yang dapat menjadi penyebab obesitas, yaitu makan dalam jumlah yang sangat banyak (binge) dan makan di malam

hari (sindroma makan pada malam hari). Kedua pola makan ini biasanya dipicu oleh stress dan kekecewaan (Shils, 2006).

d. Faktor Kesehatan

Pada dasarnya masalah kesehatan yang secara langsung menyebabkan obesitas jarang terjadi. Namun terdapat beberapa kelainan kongenital dan kelainan neuroendokrin yang dapat mengakibatkan obesitas, diantaranya adalah down syndrome, cushing syndrome, kelainan hipotalamus, hipotiroid, dan polycystic ovary syndrome (Shilss, 2006).

e. Faktor Perkembangan

Penambahan ukuran atau jumlah sel-sel lemak (atau keduanya) menyebabkan bertambahnya jumlah lemak yang disimpan dalam tubuh. Penderita obesitas, terutama yang menjadi gemuk pada masa kanak-kanak dapat memiliki sel lemak sampai 5 kali lebih banyak dibandingkan dengan orang yang berat badannya normal. Jumlah sel-sel lemak dapat dikurangi, sehingga penurunan berat badan hanya dapat dilakukan dengan cara mengurangi jumlah lemak di dalam sel (Farida El Baz, 2009).

f. Faktor Obat-Obatan

Obat-obatan merupakan sumber penyebab signifikan dari terjadinya overweight dan obesitas iatrogenik. Obat-obat yang dapat menyebabkan obesitas diantaranya adalah golongan steroid, antidiabetik (insulin, sulfonilure), antihistamin, antihipertensi (alpha dan beta-bloker), dan protase inhibitor (Shilss, 2006).

g. Aktivitas Fisik

Kurangnya aktivitas fisik kemungkinan merupakan salah satu penyebab utama dari meningkatnya angka kejadian obesitas di tengah masyarakat yang makmur. Orang-orang yang tidak aktif memerlukan lebih sedikit kalori. Seseorang yang cenderung mengkonsumsi makanan kaya lemak dan tidak melakukan aktivitas fisik yang seimbang akan mengalami obesitas (Farida El Baz, 2009).

4. Pengukuran Antropometri sebagai Screening Obesitas Sentral

Obesitas sentral dapat diketahui dengan alat *Computed Tomography Scanning* (CT-Scan), atau dengan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI). Cara-cara ini memang baik tapi sulit dilaksanakan dan biayanya mahal. Namun World Health Organization (WHO) menganjurkan untuk menggunakan lingkaran pinggang dan rasio lingkaran pinggang-lingkaran panggul untuk mengetahui adanya obesitas sentral (Ford, 2002).

Dibandingkan pengukuran lingkaran pinggang-panggul, WHO dan NCEP ATP III merekomendasikan pemeriksaan lingkaran pinggang untuk mendeteksi adanya penimbunan jaringan lemak visceral atau obesitas sentral (WHO, 1999 dalam Adriansjah 2003). Despres dkk mengevaluasi lingkaran pinggang dan lingkaran panggul mendapatkan bahwa setelah 20 tahun baik IMT, lingkaran pinggang dan lingkaran panggul dapat meningkat, tetapi rasio lingkaran pinggang-panggul tidak berubah sedangkan lingkaran pinggang bertambah 20 cm. Oleh karena itu lingkaran pinggang lebih menggambarkan jaringan lemak

viseral daripada ratio lingkaran pinggang-panggul (Depres JP, 2001 dalam Adriansjah 2003).

C. TINJAUAN MENGENAI LINGKAR PINGGANG

Lingkaran pinggang adalah ukuran antropometri yang dapat digunakan untuk menentukan obesitas sentral, dan kriteria untuk Asia Pasifik yaitu ≥ 90 cm untuk pria, dan ≥ 80 cm untuk wanita (WHO 2000). Waist circumference (lingkaran pinggang) merupakan salah satu cara pengukuran kegemukan dengan mengukur lingkaran pinggang menggunakan pita pengukur antropometri. Lokasi pengukuran terletak diantara tulang rusuk paling bawah dengan tepi atas tulang panggul. Pengukuran dilakukan horisontal melingkar perut sejajar tepi atas tulang panggul dan paralel dengan lantai. Pada saat pembacaan, pita pengukur tidak boleh menekan kulit dan subyek dalam kondisi ekspirasi normal. (Taylor et al, 2010; dalam Oetomo, 2011)

Lingkaran pinggang berkorelasi kuat dengan obesitas sentral dan risiko penyakit kardiovaskular (Ford, 2002). Lingkaran pinggang terbukti dapat mendeteksi obesitas sentral dan sindroma metabolik dengan ketepatan yang cukup tinggi dibandingkan indeks massa tubuh (IMT) dan lingkaran panggul (Lean *et al.*, 1995 dalam Adriansjah, 2003). Penumpukan lemak di seputar perut (obesitas sentral) menurut Profesor Anthony Barnett dari University of Birmingham dapat meningkatkan risiko gangguan kardiovaskular sebanyak 4 kali lipat.

Parameter penentuan obesitas merupakan hal yang paling sulit dilakukan karena perbedaan *cutt of point* setiap etnis terhadap IMT maupun lingkaran

pinggang. Sehingga IDF (*Internasional Diabetes Federation*) mengeluarkan kriteria ukuran lingkaran pinggang berdasarkan etnis (Alberti, 2005).

Tabel 2.1 Kriteria Ukuran Lingkaran Pinggang Berdasarkan Etnis

Negara/grup etnis	Ukuran Lingkaran Pinggang Obesitas berdasarkan Jenis Kelamin	
	Pria	Wanita
Eropa	≥ 94 cm	≥ 80 cm
Asia	> 90 cm	> 80 cm
China	> 90 cm	> 80 cm
Jepang	> 85 cm	> 80 cm
Amerika Tengah	Gunakan rekomendasi Asia Selatan hingga tersedia data spesifik	
Sub-Sahara Afrika	Gunakan rekomendasi Eropa hingga tersedia data spesifik	
Timur Tengah	Gunakan rekomendasi Eropa hingga tersedia data spesifik	

Sumber : WHO 2006

D. TINJAUAN MENGENAI VO₂ MAKS

1. Pengertian VO₂ Maks

VO₂ maks atau konsumsi oksigen maksimal adalah jumlah maksimal oksigen yang dapat dikonsumsi oleh jaringan saat melakukan kerja terkuat dan menggambarkan kedayagunaan tubuh dalam menggunakan oksigen selama aktivitas fisik yang intens sampai akhirnya terjadi kelelahan (Welsman et.al, 1996 dalam MacKenzei, 2004). Karena VO₂ maks ini dapat membatasi kapasitas kardiovaskuler seseorang, maka VO₂ maks dianggap sebagai indikator terbaik dari daya tahan aerobik (Astorin et.al, 2000 dalam Indrawagita, 2009).

VO₂ maks juga dapat diartikan sebagai kemampuan maksimal seseorang untuk mengkonsumsi oksigen selama aktivitas. Ketika tubuh melakukan kerja, sel-sel dalam tubuh memerlukan oksigen untuk memproduksi energi. Untuk itu diperlukan kondisi paru yang baik supaya proses ambilan oksigen menjadi

efektif, sistem kardiovaskuler yang dapat bekerja maksimal untuk menghantarkan oksigen, serta kemampuan sel untuk menggunakan oksigen dalam proses metabolisme. VO_2 maks merefleksikan keadaan paru, kardiovaskuler, dan hematologi dalam pengantaran oksigen, serta mekanisme oksidatif dari otot yang melakukan aktivitas (Welsman et.al, 1996 dalam Indrawagita, 2009).

Selama menit-menit pertama latihan, konsumsi oksigen meningkat hingga akhirnya tercapai keadaan *steady state* di mana konsumsi oksigen sesuai dengan kebutuhan latihan. Bersamaan dengan keadaan *steady state* ini terjadi pula adaptasi ventilasi paru, denyut jantung, dan *cardiac output*. Keadaan di mana konsumsi oksigen telah mencapai nilai maksimal tanpa bisa naik lagi meski dengan penambahan intensitas latihan inilah yang disebut VO_2 maks. Konsumsi oksigen lalu turun secara bertahap bersamaan dengan penghentian latihan karena kebutuhan oksigen pun berkurang (Anonym, 2004).

Konsumsi oksigen maksimal memiliki hubungan dengan derajat kondisi fisik dan sebagai parameter kebugaran fisik seseorang. Orang dengan tingkat kebugaran yang baik memiliki nilai VO_2 maks lebih tinggi dan dapat melakukan aktivitas lebih kuat dibanding mereka yang tidak dalam kondisi baik (Mackenzie, 2004).

Konsumsi oksigen maksimal dinyatakan sebagai volume total oksigen yang digunakan per menit (ml/menit). Semakin banyak massa otot seseorang, semakin banyak pula oksigen (ml/menit) yang digunakan selama latihan maksimal. Karena oksigen digunakan oleh seluruh jaringan tubuh, individu

yang memiliki massa tubuh lebih besar mempunyai konsumsi oksigen lebih banyak dibanding individu yang memiliki massa tubuh lebih kecil, baik ketika istirahat maupun melakukan kerja (Bowers dan Fox, 1988).

Untuk menyesuaikan perbedaan ukuran tubuh dan massa otot, VO₂ maks dinyatakan sebagai jumlah maksimum oksigen dalam mililiter, yang dapat digunakan dalam satu menit per kilogram berat badan atau ml/kg/menit (Davis et.al, 2005).

2. Pengukuran Daya Tahan Kardiovaskuler

Pengukuran VO₂ maks dilakukan dengan dua cara, yakni tes maksimal dan tes sub maksimal. Pada tes maksimal, VO₂ maks diukur pada kondisi kelelahan maksimum setelah melakukan beban latihan fisik sehingga sistem kardiorespirasi memang sedang menggunakan oksigen secara maksimal. Sementara itu, tes submaksimal VO₂ maks dilakukan dengan pengukuran saat sebelum mencapai kondisi kelelahan maksimum karena individu seperti anak-anak atau lanjut usia akan menghentikan beban latihan fisik saat mereka lelah, walaupun belum mencapai kelelahan maksimum. (Rowland MD, 1996 dalam Indrawagita, 2009).

Pengukuran VO₂ maks secara langsung dapat dilakukan di laboratorium namun relatif mahal, memakan waktu, dan membutuhkan tenaga terampil. Hasilnya dinyatakan dengan satuan mililiter permenit (ml/mnt) atau mililiter per kilogram berat badan (ml/kg/BB) (Rowland MD, 1996 dalam Indrawagita, 2009). Sedangkan metode tidak langsung dapat dilakukan dengan memberikan

beban latihan fisik kepada orang yang diuji sehingga mencapai jumlah ambilan oksigen pada titik maksimal atau sub maksimal. Pada kondisi tersebut, dilakukan perhitungan detak jantung atau denyut nadi yang menggambarkan kemampuan sistem respiratori dalam memenuhi kebutuhan oksigen. Tingkat kebugaran pada metode ini dapat diketahui melalui refleksi kapasitas aerobik pada detak jantung atau denyut nadi (Rowland MD, 1996 dalam Indrawagita, 2009).

Pada individu yang bugar, detak jantung atau nadi lebih sedikit jumlahnya karena sistem kardiorespiratori bekerja secara lebih efisien, yaitu dalam setiap detak, oksigen yang terpompa dalam darah lebih banyak sehingga kebutuhan oksigen dapat langsung terpenuhi (Anspaugh, 1997 dalam Indrawagita, 2009). Individu yang sehat dan tidak mengalami aritmia memiliki detak jantung dan denyut nadi yang identik sehingga perhitungan dapat dilakukan pada salah satu diantaranya. Denyut nadi dapat meningkat sebanyak 2 hingga 3 kali dari denyut nadi awal pada aktivitas maksimal (Andersen, et al, 1978 dalam Indrawagita, 2009).

Tes sepeda ergometer, *treadmill*, *harvard test*, dan *field test* adalah cara yang paling sering digunakan untuk menghasilkan beban kerja. Tes-tes ini harus dapat diukur dan mudah dilaksanakan, serta tidak membutuhkan ketrampilan khusus untuk melakukannya (Anonym, 2004).

Menurut Depkes (2005), Beberapa syarat sebelum melakukan tes daya tahan kardiovaskuler yaitu:

a) Berpakaian olahraga

- b) Memakai sepatu olahraga yang nyaman sesuai dengan jenis tes yang dilakukan
- c) Minimal 2 jam setelah makan
- d) Cukup istirahat malam minimal 7 jam
- e) Nadi istirahat <100x/menit
- f) Tidak habis olahraga berat kurang dari 12 jam
- g) *Respirasi rate* sebelum tes <24x/menit
- h) Tekanan darah tidak >180/100 mmHg dan <80/60 mmHg

Jenis pengukuran secara tidak langsung dengan menggunakan beban kerja submaksimal, diantaranya :

- a) Sepeda Ergometer

Dilakukan dengan menggunakan sepeda statis yang dikayuh untuk mendapatkan beban kerja. Beban kerja dapat diberikan secara kontinyu atau intermiten. Sasaran pada usia 20-69 tahun. Ergometer sepeda ini dapat mekanik atau elektrik, serta dapat digunakan dalam posisi tegak lurus maupun supinasi (Mackenzie, 2004).

Alat yang dibutuhkan diantaranya : Ergometer sepeda Monark, metronome, stopwatch, tensimeter, heart rate monitor, alat tulis untuk mencatat hasil, tabel konversi deyt jantung, dan tabel prediksi VO₂ maks. Nilai yang diperoleh dapat dikoreksi dengan tabel faktor koreksi menurut berat badan dan usia (Depkes, 2005).

b) Treadmill

Uji latih menggunakan treadmill dapat dilakukan perubahan kecepatan dan elevasi lantai treadmill yang disesuaikan dengan kelincahan orang coba (Mackenzie, 2004).

Alat yang dibutuhkan diantaranya : Treadmill, stopwatch, EKG, tensimeter, stetoskop, alat tulis untuk mencatat hasil. Perhitungan VO₂ maks menggunakan rumus : $VO_2 \text{ maks ml/kg/menit} = 14,8 - 1,379 (\text{waktu}) + 0,451 (\text{waktu}^2) - 0,012 (\text{waktu}^3)$. Hasil disesuaikan dengan tabel Klasifikasi VO₂ maks menurut Mc Donough Bruce (Depkes, 2005).

Keuntungan menggunakan treadmill meliputi nilai beban kerja yang konstan, kemudahan mengatur beban kerja pada level yang diinginkan, serta mudah dilakukan karena hampir semua orang terbiasa dengan keahlian yang dibutuhkan yaitu berjalan dan berlari (Mackenzie, 2004).

c) Tes Lari atau Jalan 12 Menit

Tes ini sangat mudah dilakukan, karena tidak membutuhkan alat khusus. Orang coba diminta berlari berdasarkan jarak atau waktu tertentu (Mackenzie, 2004).

Alat dan fasilitas yang dibutuhkan diantaranya lintasan lari, stopwatch, bendera start, peluit, alat pengukur jarak, alat tulis untuk mencatat hasil, tabel norma penilaian, dan bendera peserta tes. Hasil dan penilaian berdasarkan jarak yang ditempuh selama 12 menit berlari atau berjalan, dilihat pada tabel Klasifikasi Penilaian Kemampuan Aerobik oleh Cooper (1982) sesuai dengan umur dan jenis kelamin (Depkes, 2005).

d) Tes ACSPFT (*Asian Commitee on the Standardization of Physical Fitness Test*)

Tes ACSPFT 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, mudah dikerjakan, dan cocok digunakan bagi para atlet di lapangan. Namun, tes ini memerlukan waktu yang lama dan menguras energi yang cukup tinggi dari responden.

Tes ACSPFT merupakan rangkaian tes yang terdiri dari (1) Lari 50 m untuk mengukur kecepatan, (2) Lompat jauh tanpa awalan untuk mengukur gerak eskplosif tubuh/daya ledak otot, (3) Bergantung angkat badan (putra) atau bergantung siku tekuk (putri) untuk mengukur kekuatan statis dan daya tahan lengan serta bahu, (4) Lari hilir mudik 4 x 10 m untuk mengukur ketangkasan, (5) Baring duduk 30 detik untuk mengukur daya tahan otot-otot perut, (6) Lentuk togok ke muka (*forward flexion of trunk*) mengukur kelenturan, (7) Lari jauh 800 m (putri) dan 1000 m (putra) untuk mengukur daya tahan kardiorespirasi.

e) 3 Minutes Step Test

3-Minutes step test merupakan tes kebugaran jasmani yang sederhana. Tes ini bertujuan untuk mengukur kebugaran jasmani untuk kerja otot dan kemampuannya pulih dari kerjanya melalui daya tahan kardiovaskuler. Caranya adalah sebagai berikut.

- 1) Sampel berdiri tegak di lantai menghadap bangku *Harvard* setinggi 30 cm dan melakukan uji coba naik turun bangku untuk menyesuaikan irama *metronome*.
- 2) *Metronome* disetel 96 x per menit untuk sampel pria dan wanita (naik turun bangku 24 x per menit selama 3 menit), pada bunyi *metronome* ke-1, salah satu kaki naik ke atas bangku; pada bunyi *metronome* ke-2, kaki yang lain naik ke atas bangku sampai sampel berdiri tegak di atas bangku; pada bunyi *metronome* ke-3, salah satu kaki turun ke lantai; pada bunyi *metronome* yang ke-4, kaki yang lain turun ke lantai, sehingga sampel berdiri tegak di lantai menghadap bangku *Harvard*.
- 3) Setelah naik turun bangku *Harvard* selama 3 menit, sampel lalu duduk beristirahat selama 1 menit, kemudian dihitung denyut nadi pemulihan (*recovery*) selama 1 menit.

Lalu denyut nadi *recovery* tersebut akan dikonversikan sesuai dengan parameter tingkat kebugaran jasmani menurut James R. Morrow (2005) sesuai dengan jenis kelamin yang tertera pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Kriteria Penilaian Denyut Nadi 1 Menit setelah 3-Minutes Step Test Untuk Pria

Kriteria	Age					
	12 - 25	26 - 35	36 - 45	46 - 55	56 - 65	65+
Excellent	< 79	<81	<83	<87	<86	<88
Good	79 - 89	81-89	83-96	87-97	86-97	88-96
Above Average	90-99	90-99	97-103	98-106	98-103	97-103
Average	100-105	100-107	104-112	107-116	104-112	104-113
Below Average	106-116	108-116	113-119	117-122	113-120	114-120
Poor	117-128	118-128	120-130	123-132	121-129	121-130
Very Poor	>128	>128	>130	>132	>129	>130

Sumber : James R Morrow et all., 2005

Tabel 2.3 Kriteria Penilaian Denyut Nadi 1 Menit Setelah 3-Minutes Step Test Untuk Wanita

Kriteria	Age					
	12 – 25	26 – 35	36 – 45	46 – 55	56 - 65	65+
Excellent	<85	<88	<90	<94	<95	<90
Good	85-98	88-99	90-102	94-104	95-104	90-102
Above Average	99-108	100-111	103-110	105-115	105-112	103-115
Average	109-117	112-119	111-118	116-120	113-118	116-122
Below Average	118-126	120-126	119-128	121-129	119-128	123-128
Poor	127-140	127-138	129-140	130-135	129-139	129-134
Very Poor	>140	>138	>140	>135	>139	>134

Sumber : James R Morrow et al., 2005

3. Faktor yang Menentukan Konsumsi Oksigen Maksimal

Perbedaan VO₂ maks antara individu ditentukan oleh kualitas ketiga sistem dalam tubuh, yaitu: (1) respirasi eksternal (Fungsi paru-paru), (2) transpor udara (sistem kardiovaskuler, seperti jantung, pembuluh darah, dan darah), respirasi internal (penggunaan oksigen oleh sel tubuh untuk produksi energi). (Prentiche dan Bucher, 1988 dalam Wijayanti 1998, dalam Indrawagita, 2009).

a. Fungsi Paru

Paru-paru sebagai organ pernafasan utama harus dapat berfungsi normal, termasuk kapiler dan pembuluh darah pulmonal, agar ambilan oksigen dari luar ke dalam tubuh dapat berjalan baik (Lamb DR, 1984). Pada saat tubuh melakukan kerja, terjadi peningkatan ventilasi. Peningkatan ventilasi ini sebanding dengan peningkatan konsumsi oksigen (Ganong, 2002 dalam Astuti, 2009). Peningkatan ventilasi bertujuan untuk memenuhi kebutuhan oksigen yang meningkat saat melakukan kerja.

Kapasitas difusi oksigen adalah suatu ukuran kecepatan oksigen berdifusi dari alveoli ke dalam darah, diukur dalam satuan ml/menit. Jika paru dan sistem sirkulasi normal, VO_2 maks merupakan fungsi dari *cardiac output* maksimal dan perbedaan oksigen arteri-vena maksimal (*maximal arteriovenous oxygen difference*). $VO_2 \text{ maks} = \text{max CO} \times \text{max A-V } O_2 \text{ Diff}$ (Limb DR, 1984)

Max CO menunjukkan fungsi jantung, yaitu jumlah darah yang berperan dalam penghantaran oksigen ke jaringan yang sedang aktif per menit. Sedangkan *A-V O₂ Diff* menunjukkan fungsi paru, yaitu derajat oksigen terlarut dalam darah yang digunakan oleh jaringan yang aktif untuk metabolisme energi aerob (Limb DR. 1984).

b. Fungsi Kardiovaskuler

Untuk mendapatkan konsumsi oksigen maksimal, proses pengangkutan dan penghantaran oksigen dari paru ke jaringan harus dalam kondisi baik. Faktor yang menunjukkan kerja jantung dalam memenuhi kebutuhan oksigen adalah curah jantung. Curah jantung akan meningkat selama kebutuhan oksigen juga mengalami peningkatan (Ganong, 2002 dalam Astuti 2009). Curah jantung dipengaruhi oleh denyut jantung dan isi volume sekuncup.

Meningkatnya beban kerja yang berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan oksigen akan merangsang pula peningkatan denyut jantung melalui aktivitas saraf simpatis. Isi volume sekuncup jantung yang meningkat disebabkan peningkatan kontraktilitas miokardium dan aliran

balik vena. Aliran balik vena meningkat karena terjadi peningkatan aktivitas otot dan pompa toraks, mobilisasi darah dari viscera, peningkatan tekanan yang disalurkan lewat arteriole yang melebar ke vena, dan vasokonstriksi yang diperantarai saraf simpatis yang menurunkan volume darah dalam vena (Ganong. 2002 dalam Astuti, 2009).

c. Sel Darah Merah

Sel darah merah mengandung hemoglobin yang berfungsi mengikat oksigen dan berperan dalam proses penghantaran oksigen ke seluruh tubuh. Konsentrasi sel darah merah dipengaruhi oleh hemokonsentrasi dan hemodilusi. Keluarnya plasma dari pembuluh darah dan menyebabkan turunnya konsentrasi plasma dalam darah dikenal dengan hemokonsentrasi, sedangkan masuknya cairan dari interstitial atau celah interstitial ke pembuluh darah dikenal dengan hemodilusi. Tes darah rutin dapat menentukan apakah karakteristik darah normal atau tidak (Limb DR, 1984).

d. Komposisi Tubuh

Perbedaan komposisi tubuh menyebabkan perbedaan konsumsi oksigen. Tubuh yang memiliki persentase lemak tinggi, mempunyai konsumsi oksigen maksimal (VO_2 maks) lebih rendah (Kuntara 1992 dalam Astuti, 2009).

4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Konsumsi Oksigen Maksimal

a. Jenis Kelamin

Wanita dan pria memiliki perbedaan nilai konsumsi oksigen maksimal. Dari penelitian pria memiliki nilai VO₂ maks sebesar 15-20% lebih tinggi daripada wanita. Perbedaan tersebut disebabkan perbedaan komposisi tubuh dan kadar hemoglobin antara pria dan wanita. Selain itu perbedaan bentuk anatomis tubuh pria dan wanita turut pula mempengaruhi kapasitas fungsi paru dan kardiovaskuler (Holschen, 2004).

Kemampuan aerobik wanita sekitar 20% lebih rendah dari pria pada usia yang sama. Hal ini dikarenakan perbedaan hormonal yang menyebabkan wanita memiliki konsentrasi hemoglobin lebih rendah dan lemak tubuh lebih besar. Mulai umur 10 tahun, VO₂ maks anak laki-laki menjadi lebih tinggi 12% dari anak perempuan. Pada umur 12 tahun, perbedaannya menjadi 20%, dan pada umur 16 tahun VO₂ maks anak laki-laki 37% lebih tinggi dibanding anak perempuan (Armstrong, 2006).

Sehubungan dengan jenis kelamin wanita, Lebrun et. al, (1995) dalam penelitiannya pada 16 wanita yang mendapat latihan fisik sedang, melakukan pengukuran serum estradiol dan progesteron untuk memantau fase-fase menstruasi. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa VO₂ maks absolut meningkat selama fase folikuler dibanding dengan fase luteal.

b. Usia

Usia berpengaruh pula terhadap nilai konsumsi oksigen maksimal. Nilai VO₂ maks absolut pada anak-anak memiliki nilai yang sama hingga usia 12 tahun. Saat usia 14 tahun nilai VO₂ maks pada anak laki-laki lebih tinggi 25%, dan pada usia 16 tahun terjadi perbedaan peningkatan sebesar 50%. Nilai VO₂ maks dewasa dan anak-anak berbeda, perbedaan usia mempengaruhi fungsi paru, kardiovaskuler, komposisi tubuh, dan kadar hemoglobin (Armstrong, 2006).

Penelitian *cross-sectional* dan longitudinal nilai VO₂ maks pada anak usia 8-16 tahun yang tidak dilatih menunjukkan kenaikan progresif dan linier dari puncak kemampuan aerobik, sehubungan dengan umur kronologis pada anak perempuan dan laki-laki. VO₂ maks anak laki-laki menjadi lebih tinggi mulai umur 10 tahun. Puncak nilai VO₂ maks dicapai kurang lebih pada usia 18-20 tahun pada kedua jenis kelamin (Armstrong, 2006).

Secara umum, kemampuan aerobik turun perlahan setelah usia 25 tahun. Penelitian dari Jackson AS et al. menemukan bahwa penurunan rata-rata VO₂ maks per tahun adalah 0.46 ml/kg/menit untuk pria atau sekitar 1.2%, dan 0.54 ml/kg/menit untuk wanita atau sekitar 1.7%. Penurunan ini terjadi karena beberapa hal, termasuk penurunan denyut jantung maksimal dan volume cadangan maksimal (Mackenzie, 2004).

c. Latihan Fisik

Latihan dapat meningkatkan nilai konsumsi oksigen maksimum yang dicetuskan oleh olahraga. VO₂ maks rerata pada pria sehat aktif adalah sekitar 38 ml/kg/mnt dan pada wanita sehat aktif adalah sekitar 29 ml/kg/mnt. Angka ini lebih rendah pada orang yang tidak aktif. VO₂ maks adalah hasil dari curah jantung maksimum dan ekstraksi O₂ maksimum oleh jaringan, dan keduanya meningkat dengan latihan (Ganong, 2002).

d. Genetik

Nilai VO₂ maks dapat ditingkatkan melalui latihan. Namun dengan porsi latihan yang sama didapatkan fakta bahwa tidak semua atlet memiliki peningkatan nilai VO₂ maks yang sama. Kapasitas aerobik atau VO₂ maks sebesar 93% ditentukan secara genetik (Bowers dan Fox, 1988 dalam Indrawagita, 2009).

e. Suhu

Suhu tubuh mempengaruhi proses metabolisme dalam tubuh. Enzim intrasel menjadi inaktif, metabolisme sel menurun sehingga respirasi dan fungsi jantung turut menurun pula pada penurunan suhu tubuh hingga < 35,4°C. Sedang pada suhu tubuh yang mengalami peningkatan akan memacu kerja jantung agar panas tubuh yang berlebih dapat segera dikeluarkan dan suhu tubuh dapat turun dan kembali normal (Guyton, 2008).

E. HUBUNGAN OBESITAS SENTRAL DENGAN VO₂ MAKS

Obesitas, khususnya obesitas sentral berasosiasi dengan sejumlah gangguan metabolisme dan penyakit dengan morbiditas dan mortalitas yang tinggi antara lain resistensi insulin dan diabetes melitus, hipertensi, hiperlipidemia, aterosklerosis, penyakit hati dan kantung empedu, dan beberapa jenis kanker. Selain itu obesitas juga berasosiasi dengan beberapa jenis gangguan pernafasan, tahanan aliran udara, dan pola pernafasan, yang akhirnya menyebabkan abnormalitas faal paru (Wulandari dan Edo, 2007).

1. Peningkatan Tahanan Sistem Pernafasan

Obesitas dapat menyebabkan penurunan kemampuan regangan paru, dinding toraks, dan sistem pernafasan secara keseluruhan. Pada penderita obesitas, terjadi peningkatan tahanan sistem pernafasan pada saluran pernafasan kecil yang menyebabkan penurunan volume paru dan kapasitas fungsional residual paru (Setyanto, 2005). Bila volume paru kecil, maka jumlah oksigen yang dapat ditampung oleh paru saat melakukan inspirasi juga akan menurun, sehingga VO₂ maksimal juga akan menurun.

2. Peningkatan Laju Metabolisme

Peningkatan lemak tubuh pada penderita obesitas akan meningkatkan laju metabolisme saat melakukan aktifitas fisik., akibatnya konsumsi oksigen akan meningkat. Perubahan mekanika dinding toraks dan abdomen ikut berperan dalam peningkatan beban kerja ventilasi. Hal ini akan memicu memicu peningkatan denyut jantung dan frekuensi pernafasan saat beraktifitas (Setyanto, 2005).

3. Kelainan Nilai Fisiologis Paru

Kelainan faal paru pada penderita obesitas menggambarkan perubahan fisiologis pada mekanika pernafasan dan resistensi aliran udara. Derajat besarnya kelainan faal paru tergantung pada beratnya obesitas, dan distribusi lemak tubuh. Abnormalitas faal paru yang dijumpai pada obesitas adalah penurunan volume cadangan ekspirasi atau *Expiratory Reserve Volume (ERV)*. Hal ini disebabkan oleh beban massa dan perpindahan beban dari thorax bagian bawah dan abdomen ke paru-paru, serta naiknya posisi diafragma.

Distribusi lemak tubuh menentukan pengaruh obesitas pada faal paru. Dibandingkan penderita obesitas perifer, penderita obesitas sentral mengalami penurunan pada *Forced Vital Capacity (FVC)*, volume ekspirasi paksa dalam 1 detik atau *Forced Expiratory Volume In 1 Second (FEV1)*, dan *Total Lung Capacity (TLC)* yang lebih berat (Guyton, 2008).

4. Peningkatan Jumlah Mitokondria

Peningkatan jumlah lemak tubuh akan meningkatkan jumlah mitokondria untuk memenuhi kebutuhan energi. Peningkatan jumlah mitokondria akan membuat ukuran otot menjadi hipertropi. Peningkatan ukuran otot akan membuat inflamasi pada pembuluh darah, sehingga menyebabkan disfungsi endotel yang menyebabkan penyempitan pembuluh darah.

Apabila pembuluh darah menyempit, jumlah oksigen yang akan dihantarkan ke jantung menjadi berkurang. Akibatnya denyut jantung akan meningkat untuk memenuhi kebutuhan oksigen saat beraktifitas (Guyton, 2008).