

**PENGARUH INTERVENSI OLAHRAGA
DI SEKOLAH TERHADAP INDEKS MASA TUBUH
DAN TINGKAT KESEGRAN KARDIORESPIRASI
PADA REMAJA OBESITAS**

*EFFECT OF SCHOOL EXERCISE INTERVENTION ON BODY
MASS INDEX AND PHYSICAL FITNESS OF OBESE
ADOLESCENTS*



Tesis

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-2
dan memperoleh keahlian dalam bidang Ilmu Kesehatan Anak

Wahyu Adiwianto

**PROGRAM PASCASARJANA
MAGISTER ILMU BIOMEDIK
DAN
PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS I
ILMU KESEHATAN ANAK
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS
DIPONEGORO
SEMARANG
2008**

TESIS

PENGARUH INTERVENSI OLAHRAGA DI SEKOLAH TERHADAP INDEKS MASA TUBUH DAN TINGKAT KESEGERAN KARDIORESPIRASI PADA REMAJA OBESITAS

Disusun Oleh

Wahyu Adiwinanto

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 21 April 2008
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui,
Komisi Pembimbing

Pembimbing utama

Dr. Anindita Soetadji, SpA
NIP: 132296948

Pembimbing kedua

Dr. Mexitalia Setiawati, SpA(K)
NIP: 140322839

Mengetahui

Ketua Program Studi PPDS-I
Ilmu Kesehatan Anak FK UNDIP

Dr. Alifiani Hikmah Putranti, SpA(K)
NIP: 140214483

Ketua Program Paska Sarjana
Universitas Diponegoro

Prof. Dr. Soebowo, SpPA(K)
NIP: 130 352 549

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan di dalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan lembaga lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penelitian maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan di dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, April 2008

Wahyu Adiwianto

RIWAYAT HIDUP

A. IDENTITAS

Nama : dr. Wahyu Adiwianto
Tempat/tanggal lahir : Makassar/ 4 April 1978
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Laki-laki

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Negeri I Kebumen : lulus tahun 1990
2. SMP Negeri I Kebumen : lulus tahun 1993
3. SMA Muhammadiyah I Yogyakarta : lulus tahun 1996
4. FK Universitas Diponegoro Semarang : lulus tahun 2002
5. Spesialisasi Ilmu Kesehatan Anak FK UNDIP : 2003 – sekarang
6. Magister Ilmu Biomedik UNDIP : 2003 – sekarang

C. RIWAYAT PEKERJAAN

2002-2003 :Dokter Rumah Sakit Khusus Anak “Wijaya Kusuma”
Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah

D. RIWAYAT KELUARGA

1. Nama orang tua
Ayah : dr. Sugijanto, SpA
Ibu : Lelie Budi Setiatie
2. Nama Istri : Hanindya Kusuma Artati, ST. MT.
3. Nama Anak : Zharfa Kusuma Ekadewanti

KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, kami panjatkan puji syukur kehadirat Alloh swt sehingga atas rahmat dan karuniaNya kami dapat menyelesaikan tugas laporan penelitian guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Pendidikan Dokter Spesialis I dalam bidang Ilmu Kesehatan Anak dan Program Ilmu Biomedik di Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.

Pada kesempatan ini perkenankanlah kami menghaturkan rasa terima kasih kami dan penghormatan yang setinggi-tingginya kepada:

- Rektor Universitas Diponegoro yang memberi kesempatan kepada siapa saja yang berkeinginan untuk meningkatkan ilmu pengetahuan.
- Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang yang telah memberi kesempatan kepada kami untuk mengikuti pendidikan spesialisasi.
- Direktur Utama RSUP Dr. Kariadi Semarang beserta staf yang telah memberi kesempatan dan kerjasama yang baik selama mengikuti pendidikan spesialisasi.
- dr. Budi Santosa, SpA(K) selaku Ketua Bagian Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberi pengarahan dan dukungan moril selama pendidikan.

- dr. Alifiani Hikmah Putranti, SpA(K) selaku Ketua Program Studi Bagian Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing, memberi pengarahan, referensi dan dukungan moril selama pendidikan.
- Prof. Dr. H. Soebowo, SpPA(K) selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Biomedik Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang, beserta Prof. Dr. Edi Dharamana, PhD, SpParK(K) dan dr. Kusmiyati, M KES atas bimbingan dan sarannya dalam proposal penelitian tesis ini.
- dr. Anindita Soetadji, SpA selaku pembimbing utama yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberi bimbingan, dorongan motivasi dan arahan yang tiada henti untuk dapat menyelesaikan studi dan menyusun laporan penelitian ini.
- dr. M Mexitalia S, SpA(K) selaku pembimbing dan ketua tim peneliti kolaborasi antara Bagian Ilmu kesehatan Anak Fakultas Kedokteran UNDIP/RSUP Dr. Kariadi Semarang dengan Department of Human Ecology, Graduate School of Medicine, The University of Tokyo, Japan, yang telah memberikan kesempatan untuk bergabung dalam penelitian kolaborasi ini. Juga untuk segala bimbingan, dorongan dan dukungan yang tiada henti dalam menyusun laporan penelitian ini.

- dr. Niken Puruhita SpGK MmedSc yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberi masukan dan arahan dari awal penyusunan proposal hingga selesainya laporan penelitian ini.
- Prof. dr. Sidhartani Z, SpA(K), Msc; DR. dr. Hardono S PAK; Prof. DR. dr. Tjahjono, SpPA(K), FIAC, selaku penguji yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberi masukan dan arahan mulai dari penyusunan proposal hingga penyusunan laporan penelitian ini.
- dr. Dwi Wastoro D, SpA(K), selaku dosen wali yang telah berkenan memberikan dorongan, motivasi dan arahan selama masa studi.
- Guru-guru kami di Bagian Ilmu Kesehatan Anak FK UNDIP yang sangat kami hormati, kami cintai dan kami banggakan: Prof. dr. Moeljono S Trastotenojo, SpA(K); Prof. DR. dr. I. Sudigbia, SpA(K); Prof. DR. dr. Lydia Koesnadi, SpA(K); Prof. DR. dr. Harsoyo, N, DTM&H, SpA(K); dr. Anggoro DB Sachro DTM&H, SpA(K); DR, dr. Tatty Ermin S, SPA(K), PhD; dr. Kamilah Budhi R, SpA(K); dr. Budi Santosa, SpA(K); Prof. Dr. Sidhartani Z, SpA(K), MSc; dr. R Rochmanadji W, SpA(K), MARS; DR. Dr. Tjipta Bahtera, SpA(K), dr. Moedrik Tamam, SpA(K); dr. H.M. Sholeh Kosim, SpA(K); dr. Herawati Juslam, SpA(K); dr. Rudy Susanto, SpA(K); dr. Hendriani Selina, SpA(K), MARS; dr. I Hartantyo, SpA(K); dr. Agus Priyatno, SpA(K); dr. JC Susanto, SpA(K); dr. Dwi

Wastoro D, SpA(K); dr. Asri Purwanti, SpA(K) MPd; dr. Bambang Sudarmanto, SpA(K); dr. Elly Deliana, SpA(K); dr. MMDEAH Hapsari, SpA(K); dr. Alifiani Hikmah Putranti, SpA(K); dr. M Heru Muryawan, SpA; dr. Gatot Irawan S, SpA; dr. Wistiani, SpA; dr. Moh. Supriyatna, SpA; dr. Fitri Hartanto, SpA, dr. Omega Melyana, SpA, atas segala bimbingan yang telah diberikan.

- Tim peneliti Kolaborasi: Prof. Taro Yamauchi PhD; Hana Shimizu, PhD; dr. JC. Susanto, SpA(K), dr. Hartati Kartawa, MSc; dr. Hardian, Tatik Mulyati, DCN Mkes, dr. Maria Warwe, SpA, dr. Zinatul Faizah SpA; dr. Susilorini, SpA; dr. Agustini Utari, SpA yang telah memberikan bantuan, dukungan dan kerjasama selama penelitian berlangsung.
- Bapak Drs. Nasution, MPd, selaku dosen Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang beserta anggota: Kasirin, Adi, dkk, yang telah memberikan segenap tenaga serta dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan lancar.
- Kepala sekolah, bapak/ibu guru dan siswa-siswi SMP PL Domenico Savio Semarang, yang telah meberikan kesempatan, waktu dan dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan lancar.
- dr. M. Sakundarno Adi MSc yang telah membantu peneliti dalam pengolahan data dan laporan penelitian.

- Rekan Residen PPDS I Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang, atas dukungan, bantuan, kerjasama, selama menempuh pendidikan
- Teman-teman angkatan Juli 2003: dr. Edwina Winiarti Handayani, dr. Sofyan Cholid, dr. Arsita Eka Rini, dr. Lisa Adhia Garina, dr. Panji Pati-Pati, dr. Dominggus Nicodemus L, dr. Tony Chandra, dr. BRW Indriasari teman seperjuangan atas bantuan, kekompakan, kesetiakawanan dan kerjasama yang selalu ada dalam suka dan duka selama menempuh pendidikan
- Rekan-rekan perawat, tata usaha, karyawan/karyawati bagian IKA RSUP Dr. Kariadi Semarang serta adik-adik dokter muda, atas dukungan dan kerjasamanya selama ini.
- Papa dr. Soegijanto, SpA dan Mama Lelie Budi Setiatie, orang tuaku tercinta yang dengan penuh kasih sayang dan pengorbanan telah mengasih, membesarkan, mendidik dan menanamkan rasa disiplin dan rasa tanggung jawab serta senantiasa memberikan dorongan dan semangat, sujud dan bakti kami haturkan setulus hati.
- Papi Drs H. Djoko Sidik Pramono, MM dan Mami Endang Purwani Titiningsih, mertuaku tercinta yang dengan penuh kasih sayang dan perhatian memberikan dorongan doa dan semangat, bantuan moril maupun material, sujud dan bakti kami haturkan setulus hati.

- Istriku tercinta Hanindya Kusuma Artati, ST, MT, buah hatiku Zharfa Kusuma Ekadewanti, yang senantiasa memberikan nuansa hidup serta cinta kasih yang tak ternilai, yang begitu luar biasa setia dan tabah mendampingi dalam suka dan duka, meberikan dorongan, semangat pengorbanan dan doa selama pendidikan.

” Engkau adalah cinta, inspirasi dan motivator terbesar dalam hidupku”

- Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu menyelesaikan penelitian laporan ini.

Akhir kata, saya mohon maaf sebesar-besarnya kepada semua pihak apabila terdapat kesalahan dan khilaf kami selama menempuh pendidikan maupun selama melakukan penelitian. Semoga penelitian ini bermanfaat dan Alloh swt senantiasa berkenan memberikan berkat dan RahmatNya kepada kita semua. Amin.

Semarang, April 2008

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan	ii
Pernyataan.....	iii
Riwayat Hidup	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel	xiv
Daftar gambar.....	xv
Abstrak	xvi
BAB 1. Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Matriks Penelitian.....	6
BAB 2. Tinjauan Pustaka.....	8
2.1. Obesitas.....	8
2.1.1. Definisi	8
2.1.2. Prevalensi.....	8
2.1.3. Faktor Risiko	9
2.1.4. Diagnosis	12
2.1.5. Penatalaksanaan.....	15
2.2. Diet & Energi.....	16
2.2.1. Sistem Metabolisme Energi pada Olahraga Anaerobik.....	17
2.2.2. Sistem Energi Aerobik (Metabolisme Aerobik).....	19
2.3. Aktifitas Fisik	22

2.3.1. Definisi	22
2.3.2. Pengukuran Aktifitas Fisik	23
2.3.3. Klasifikasi Aktifitas Fisik	24
2.4. Olah Raga	26
2.4.1. Definisi	26
2.4.2. Manfaat	27
2.4.3. Fisiologi Olah raga	30
2.4.4. Adaptasi Tubuh Terhadap Olah Raga	33
2.4.5. Respon Kardiovaskular Pada olah raga	36
2.5. Kesegaran Jasmani.....	38
2.5.1. Komponen Kesegaran Jasmani.....	38
2.5.2 Faktor yang Mempengaruhi Kesegaran Jasmani.....	42
2.5.3 Metode Pengukuran Tingkat Kesegaran Jasmani.....	42
2.5.4. Indeks Pengukuran Kardiovaskular	43
2.6. Program Intervensi Olahraga di Sekolah	45
BAB 3. Kerangka Teori,Kerangka Konsep dan Hipotesis	48
3.1. Kerangka Teori	48
3.2. Kerangka Konsep.....	49
3.3. Hipotesis	49
BAB 4. Metode Penelitian	50
4.1. Ruang Lingkup Penelitian	50
4.2. Desain Penelitian	50
4.3. Populasi dan Sampel Penelitian.....	50
4.4. Variabel Penelitian.....	52
4.5. Alur Penelitian	53
4.6. Metode Analisis Data	53
4.7. Definisi Operasional	54

4.8. Etika Penelitian.....	57
BAB 5. Hasil Penelitian.....	58
5.1. Karakteristik Umum Subyek	58
5.2. IMT Sebelum dan Setelah Intervensi	63
5.3. Tingkat Kesegaran Kardiorespirasi Sebelum dan Setelah Intervensi.....	65
5.4. Asupan Kalori Sebelum dan Sesudah Edukasi Pembatasan Asupan Kalori Simultan Dengan Intervensi Olah Raga.....	67
BAB 6. Pembahasan	69
BAB 7. Kesimpulan dan Saran.....	74
7.1. Simpulan.....	74
7.2. Saran	74
Daftar pustaka	76
Lampiran	

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
1	Matriks Penelitian	6
2	Faktor risiko obesitas yang diturunkan menurut beberapa penelitian	9
3	Gen pada obesitas dengan keterlibatan gen tunggal	11
4	Perubahan kadar lemak berdasarkan umur	14
5	Perubahan hemodinamik Sistemik dan Pulmonal dalam berespon terhadap latihan pengerahan tenaga pada 12 Orang Laki-laki Normal	36
6	Jadwal Program olahraga sekolah selama 12 minggu	55
7	Karakteristik awal subyek penelitian	60
11	Perubahan variabel penelitian awal dan akhir intervensi	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
1	Algoritma diagnosis obesitas anak	13
2	Siklus Krebs	20
3	Distribusi sampel berdasarkan jenis Kelamin	60
4	Distribusi sampel berdasarkan aktivitas fisik	61
5	Distribusi Q-Q plot sebaran subyek berdasarkan IMT	61
6	Distribusi box plot sebaran subyek berdasarkan IMT	62
7	Distribusi Q-Q plot sebaran subyek berdasarkan VO ₂ maks	62
8	Distribusi box plot sebaran subyek berdasarkan VO ₂ maks	63
9	Perubahan IMT subyek	63
10	Perubahan IMT subyek laki-laki	64
11	Perubahan IMT subyek perempuan	64
12	Perubahan rerata nilai VO ₂ maks subyek	65
13	Perubahan rerata nilai VO ₂ maks subyek laki-laki	66
14	Perubahan rerata nilai VO ₂ maks subyek perempuan	66

ABSTRAK

Tujuan: Mengetahui pengaruh olahraga intensitas sedang sampai *vigorous* dengan frekuensi 3 kali seminggu dan durasi 40 menit/sesi selama 12 minggu terhadap indeks masa tubuh (IMT) dan tingkat kesegaran kardiorespirasi pada remaja obesitas.

Metodologi: tujupuluh delapan siswa yang memenuhi kriteria obese, 22 subyek memenuhi kriteria inklusi. Intervensi berupa olahraga sedang sampai *vigorous* 3 kali seminggu @40 menit selama 12 minggu dan edukasi dietetik. Pengambilan sampel dilakukan secara *concecutive sampling*. Pengukuran IMT dan tingkat kesegaran kardiorespirasi (*multistage fitness shuttle run test*) dilakukan pada awal dan akhir program. Analisis data dilakukan dengan t tes berpasangan, sedangkan faktor perancu dianalisa dengan multiple regresi linier.

Hasil: Pada 22 sampel yang diteliti, 20 sampel dapat mengikuti sampai akhir program. Didapatkan peningkatan tingkat kesegaran kardiorespirasi berdasarkan nilai VO_2 maks (p.0,029) dan penurunan IMT (p.0,02) secara bermakna antara sebelum dan setelah intervensi. Faktor perancu berupa penurunan asupan kalori merupakan prediktor yang lebih berpengaruh terhadap penurunan IMT (0,740 kkal/hari; p 0,00) bila dibandingkan intervensi olahraga (0,238 kkal/minggu; p 0,176).

Simpulan: Olahraga sedang sampai *vigorous* 3 kali seminggu @40 menit selama 12 minggu dengan edukasi dietetik berpengaruh terhadap tingkat kesegaran kardiorespirasi dan IMT pada anak obesitas.

Kata kunci: obesitas, indeks masa tubuh, olah raga, kesegaran kardiorespirasi.

ABSTRACT

Objective: to observe the effect of 12 weeks of moderate to vigorous intensity exercise, 3 days per week, 40 minutes per day on body mass index (BMI) and cardiovascular fitness of obese adolescents

Method: seventy eight students diagnosed as obesity , 22 subjects assigned to a 12 weeks moderate to vigorous exercise programme three times a week, 40 minutes per session and have a nutritional education. Nutritional status (BMI) and cardiorespiratory fitness (multistage fitness shuttle run test) variables were measured before and after the programme. The data were analysed by paired t test, and the confounding factor analysed by multiple linier regression.

Result: From 22 observed subjects, 20 subjects finished the programme. The analysis showed that the physical fitness improved ($p=0.004$) and BMI decreased ($p=0.02$) significantly before and after intervention. Food intake as a confounding factor was found as a predictor which decreased the BMI (0,74 kcal/day; $p=0,00$) better than exercise (0,38 kkal/week; $p=0,176$)

Conclusion: School exercise of 12 weeks moderate to vigorous exercise programme three times a week and 40 minutes per session with diet education is effective to improve the cardiovascular fitness and reduce the BMI in obese adolescent.

Keyword: Obesity, exercise, body mass index , cardiorespiratory fitness

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.LATAR BELAKANG

Obesitas pada masa anak merupakan faktor yang berhubungan dengan meningkatnya mortalitas dan morbiditas pada dewasa. Obesitas merupakan faktor risiko terjadinya penyakit jantung koroner, aterosklerosis, kanker kolorektal, asam urat dan artritis.^{i,ii,iii,iv} Obesitas yang menetap sejak masa anak-anak sampai dewasa memicu terjadinya hipertensi dan penyakit jantung iskemik. Oleh karena itu, obesitas menjadi masalah kesehatan pada masyarakat.^{i,ii}

Penelitian menunjukkan bahwa adanya kecenderungan peningkatan kasus obesitas pada anak di dunia dalam dua dekade terakhir. Sejak tahun 1963 sampai 1999, kasus anak dengan *overweight* antara usia 6-11 tahun meningkat dari 4% menjadi 13%, sedangkan pada usia 12-19 tahun meningkat dari 5% menjadi 14%. *National Health and Nutrition Examination Surveys* (NHANES) tahun 1999 melaporkan antara tahun 1988-1994 di Amerika Serikat ditemukan 22% anak dan remaja berisiko *overweight* dan 11% *overweight*.⁵ Prevalensi obesitas di Amerika Serikat meningkat sejak 1976 sampai 1991 sekitar 20% pada anak usia 6-11 tahun dan 18% pada remaja.¹ Prevalensi obesitas di Jakarta tahun 1998 pada anak usia 6-12 tahun sekitar 4% dan pada remaja usia 12-18 tahun sekitar 6,2%, sedangkan usia 17-18 tahun prevalensi obesitas 11,4%.⁶ Prevalensi obesitas di Semarang pada murid

sekolah dasar usia 6-7 tahun adalah sebesar 10,6%.⁷ Prevalensi obesitas pada salah satu sekolah dasar favorit di Semarang dilaporkan sebesar 28,6%.⁸

Secara garis besar obesitas disebabkan karena ketidakseimbangan antara energi yang masuk dengan penggunaan energi (*“energy expenditure”*). NHANES III mengindikasikan bahwa asupan energi pada sebagian besar kelompok tidak meningkat secara signifikan bila dibandingkan dengan peningkatan insidensi obesitas. Data tentang aktivitas fisik pada anak masih jarang, namun didapatkan kecenderungan pengurangan aktivitas dan olahraga.ⁱ

Faktor-faktor yang mengatur pertumbuhan, perkembangan dan metabolisme jaringan lemak sangat kompleks dan berhubungan dengan genetik dan lingkungan. Walaupun penyebab genetik sering muncul, namun sangat sulit untuk membedakan penyebabnya dengan faktor sosial dan lingkungan.ⁱ

American Heart Association (AHA) menyebutkan bahwa aterosklerosis merupakan penyebab utama kematian dan kesakitan di Amerika utara. Obesitas merupakan faktor yang berhubungan erat dengan sindroma resistensi insulin, yang termasuk di dalamnya hiperinsulinemia, hipertensi, hiperlipidemia, diabetes mellitus tipe II, dan meningkatnya risiko penyakit aterosklerosis.⁹

Hampir setengah dari anak muda di Amerika antara usia 12-21 tahun tidak cukup aktif. Dua puluh lima persen berusaha aktif dan 14% tidak melakukan aktivitas fisik akhir-akhir ini bahkan aktivitas yang ringan-sedang. Anak perempuan memiliki risiko kurang aktif yang lebih besar dibandingkan anak laki-laki, terutama menjelang dan

setelah pubertas. Kecenderungan statistik ini sesuai dengan pendidikan olahraga.⁹ Hanya sepertiga sekolah dasar dan menengah memberikan pendidikan olahraga setiap hari.¹⁰

Penelitian tentang pengaruh olahraga terhadap tingkat kebugaran kardiorespirasi dan indeks massa tubuh (IMT) telah dilakukan di beberapa negara, namun metode yang dilakukan berbeda dengan penelitian yang dilakukan dalam hal kombinasi olahraga dan adanya pengawasan sekolah. Penelitian ini dilakukan dengan program olahraga selama 12 minggu dengan frekuensi 3 kali seminggu dan durasi 40 menit/sesi dengan intensitas sedang sampai *vigorous* dan edukasi dietetik. Subyek yang digunakan adalah anak dengan obesitas, dengan menggunakan nilai VO_2 maks sebagai parameter tingkat kebugaran kardiorespirasi.

Penelitian serupa telah dilakukan di Indonesia pada tahun 2004, namun penelitian tidak dikhususkan pada subyek siswa dengan obesitas dan program olahraga aerobik dan anaerobik berupa lari mengelilingi lapangan sepak bola selama 12 menit tanpa istirahat dan lari cepat 100 meter. Parameter sistem kardiovaskular yang diamati adalah tekanan darah dan denyut nadi.¹¹ Program semacam ini dimungkinkan akan mengalami kesulitan bila diterapkan pada siswa dengan obesitas.

1.2. RUMUSAN MASALAH

“Apakah intervensi olahraga di sekolah dengan intensitas sedang sampai *vigorous* dengan frekuensi 3 kali seminggu dan durasi 40 menit/sesi selama 12 minggu

berpengaruh terhadap tingkat kebugaran kardiorespirasi dan IMT pada remaja obesitas.”

1.3. TUJUAN PENELITIAN

1.3.1. Tujuan Umum

Mengetahui pengaruh olahraga intensitas sedang sampai *vigorous* dengan frekuensi 3 kali seminggu dan durasi 40 menit/sesi selama 12 minggu terhadap tingkat kebugaran kardiorespirasi dan IMT pada remaja obesitas.

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Mendeskripsikan tingkat kebugaran kardiorespirasi dan IMT remaja obesitas sebelum dan setelah intervensi olahraga dengan intensitas sedang sampai *vigorous* dengan frekuensi 3 kali seminggu dan durasi 40 menit/sesi selama 12 minggu.
2. Menganalisis perubahan tingkat kebugaran kardiorespirasi dan IMT remaja obesitas setelah olahraga dengan intensitas sedang sampai *vigorous* dengan frekuensi 3 kali seminggu dan durasi 40 menit/sesi selama 12 minggu.

1.4. MANFAAT PENELITIAN

- 1.4.1. Segi perkembangan ilmu: sumbangan dalam mengkaji masalah obesitas dan olahraga pada remaja obesitas.
- 1.4.2. Segi penelitian: sebagai data awal untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

1.4.3. Segi pelayanan kesehatan:

- Diharapkan sebagai upaya penatalaksanaan dini pada anak remaja dengan obesitas dalam mencegah terjadinya penyakit yang dipicu oleh obesitas.
- Diharapkan dapat memberi masukan dalam menyusun program olahraga dan dietetik, serta menentukan tes kesegaran kardiorespirasi pada anak remaja dengan obesitas.

1.5.MATRIKS PENELITIAN

Tabel 1. Matriks Penelitian

No	Penulis	Judul	Tahun	Sampel	Intervensi	Parameter	Hasil
1	Ferguson MA. ¹²	Effect of Physical training and its cessation on hemostatic system of obese children	1999	43 anak obes umur 7-11 tahun	5 hari/minggu selama 4 bulan, 40 mnt/sesi dengan 20 menit pertama dengan mesin dan 20 menit berikutnya permainan. Subyek mendapatkan bayaran 1 US\$ sampai HR >150/mnt	Variabel hemostatik	Latihan fisik pada individu dengan kadar persentase lemak yang lebih tinggi menunjukkan penurunan kadar fibrinogen dan D-dimer yang lebih besar ($P < 0.05$)
2	Gutin B. ¹³	Effect of physical training on Heart-period variability in obese children	1997	35 anak obes usia 7-11 tahun	5 hari/minggu selama 4 bulan, 40 mnt/sesi dengan 20 menit pertama dengan mesin dan 20 menit berikutnya permainan. Subyek mendapatkan bayaran 1 US\$ sampai HR >150/mnt	Frekuensi denyut jantung submaksimal Persentase lemak tubuh	Kelompok subyek intervensi dibanding kontrol: frekuensi jantung submaksimal dan persentase lemak tubuh berkurang ($p < 0.01$)
3	Koutedakis Y & Bouziotas C. ¹⁴	National physical education curriculum: motor and cardiovascular health related fitness in Greek adolescents	2003	84 anak laki-laki	3 kali seminggu, 40 mnt/sesi	Sit and reach Flaminggo balance Standing broad jump Hand grip; Sit up Plate taping test 20 m shuttle run test Persentase lemak tubuh APARQ	Program kurikulum latihan fisik pada sekolah menengah pertama di Yunani tidak dapat mencapai tingkat kesehatan motor dan kardivaskular yang diburuhkan untuk menjaga kebugaran.

No	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Sampel	Intervensi	Parameter	Hasil
4	Sukmaningtyas H. ¹¹	Pengaruh latihan aerobik dan anaerobik terhadap sistem kardiovaskuler dan kecepatan reaksi.	2004	50 siswa sekolah sepak bola	Latihan aerobik 12 menit tanpa istirahat, 3 kali seminggu Latihan anaerobik lari sprint 100 m 6 kali, dengan istirahat 3 menit, 3 kali seminggu.	Tekanan darah sistolik Tekanan darah diastolik	Pada kelompok aerobik didapatkan perbedaan bermakna tekanan diastolik pada minggu ke-12, namun tidak berbeda bermakna pada tekanan diastolik
5	Barque. ¹⁵	Coronary risk incidence of obese adolescents: Reduction by exercise plus diet intervention	1988	22 anak obese usia 12-13 tahun	Olahraga aerobik dengan pengawasan 50 menit, 3 kali seminggu. Pengurangan berat badan 1-2 lb/minggu	Berat badan Persen lemak tubuh Tebal lipatan kulit High density lipoprotein Tekanan darah diastolik	Kelompok dengan intervensi olahraga dan diet menurunkan faktor risiko penyakit jantung koroner ($p < 0,01$).
6	Epstein. ¹⁶	A comparison of lifestyle exercise, aerobic exercise and calisthenics on weight loss in obese children.	1985	25 anak obese 8-12 tahun	Aerobik terprogram Perubahan pola hidup Diet 900-1200 kkal/hari	Berat badan IMT	Penurunan berat badan yang signifikan selama program olahraga dan pemantauan setahun setelah program.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. OBESITAS

2.1.1. DEFINISI

Obesitas adalah peningkatan massa lemak tubuh, dengan kondisi yang berhubungan morbiditas dan mortalitas yang lebih tinggi.¹⁷ Jumlah massa lemak tubuh dapat diperkirakan dengan IMT atau disebut juga indeks Quatelet, diperoleh dengan cara membagi berat badan (kg) dengan tinggi badan (meter) kuadrat.^{18, 19}

2.1.2. PREVALENSI

Prevalensi obesitas meningkat dengan pola hidup tidak aktif. Energi yang digunakan pada aktivitas fisik berkurang pada negara industri dengan kondisi yang lebih maju (transportasi bermotor, elevator, pendingin ruangan, dan pemanas ruangan) dan aktivitas fisik minimal pada waktu luang (televisi, video games). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa menghabiskan waktu dengan menonton televisi pada masa anak merupakan pemicu terjadinya obesitas pada dewasa.¹⁸

Prevalensi obesitas pada anak di Amerika antara tahun 1980 sampai 1990 meningkat hampir dua kali lipat.^{17,20} Penelitian yang dilakukan oleh Frediks dkk (2000) melaporkan terjadi perbaikan IMT secara signifikan tahun 1996/1997 dibandingkan dengan anak pada tahun 1980 yaitu anak laki-laki dengan IMT lebih dari 25kg/m² meningkat dari 9,9% menjadi 13% sedangkan pada anak perempuan

meningkat dari 8,8% menjadi 13,7%. Anak dengan IMT $>30 \text{ kg/m}^2$ meningkat dari 0,5% menjadi 0,9% pada anak laki-laki dan 0,4% menjadi 1,5% pada anak perempuan.²¹

2.1.3. FAKTOR RISIKO

Obesitas terjadi karena beberapa faktor, yaitu faktor genetik, biologi, fisiologi, sosiokultural dan lingkungan.^{20,22,23} Secara garis besar faktor yang berhubungan dengan obesitas dibagi menjadi 2, yaitu faktor endogen yang meliputi faktor genetik, dan hormonal; serta faktor eksogen (obesitas primer/obesitas sederhana) berupa faktor sosial ekonomi dan lingkungan.²²

Pola hidup spesifik tertentu berhubungan dengan obesitas, yaitu: konsumsi diet tinggi lemak, konsumsi energi berlebihan, dan tingkat aktivitas fisik yang rendah.ⁱⁱⁱ

2.1.3.1. Faktor Genetik

Penelitian epidemiologi telah mengidentifikasi faktor genetik yang terlibat pada mekanisme hereditas dalam membedakan tingkat dan evolusi massa tubuh. Faktor obesitas yang diturunkan diperkirakan bervariasi antara 10% sampai 80%. Pada anak kembar, faktor herediter kecenderungan menjadi obese sedikitnya sekitar 50%.^{18,22}

Tabel.2. Faktor risiko obesitas yang diturunkan menurut beberapa penelitian²²

Tipe penelitian	Kemungkinan sifat yang diturunkan (%)
Keluarga	25-55
Saudara kembar	30-80
Adopsi	10-80

Beberapa penelitian terhadap keluarga dengan pemisahan fenotip dapat disimpulkan bahwa 3 faktor genetik utama yang berhubungan dengan obesitas diturunkan baik secara *mendelian* maupun *non mendelian*.¹⁸

Hormon kompleks dan neurotransmitter (termasuk hormon pertumbuhan, leptin, *ghrelin*, neuroleptin Y, melanokortin, dll) bertanggung jawab terhadap regulasi nafsu makan berlebihan, rasa lapar, lipogenesis, dan lipolisis.²⁰

Penemuan hormon leptin dan reseptornya telah menstimulasi perkembangan penelitian obesitas secara pesat. Produk adipositas berupa leptin memberikan umpan balik pada hipotalamus serta mengatur asupan makanan pada tikus. Kadar serum leptin pada orang obese tinggi sehingga menimbulkan hipotesis bahwa insensitivitas terhadap leptin mengakibatkan perkembangan progresif obesitas pada orang yang *overweight*. Mutasi dan polimorfisme gen dan neuropeptida lain dan regulasi neurohormonal selera makan dan kontrol berat badan telah ditemukan pada obesitas: mutasi *proopiomelanocorticotropin* (POMC) gen dan polimorfisme reseptor adrenergik β , MC4R berhubungan dengan obesitas berat dan morbid. Penyakit genetik yang secara langsung menyebabkan obesitas adalah sindroma Bardet-biedl dan Prader Willi.²²

Tabel 3. Gen pada obesitas dengan keterlibatan gen tunggal.¹⁸

Gen	Fungsi Gen	Gejala yang berhubungan dengan obesitas	Jumlah kasus (jumlah keluarga)
LEP (leptin)	Gangguan pada bentuk sinyal dari jaringan lemak ke otak	Hypogonadotrophic Hypogonadism	5(2)
LEPR (leptin receptor)	gangguan pada bentuk sinyal dari jaringan lemak ke otak	Hypogonadotrophic Hypogonadism	3(1)
PCSK1 (protein convertase subtilisin/kexin tipe I)	Gangguan pematangan POMC	Hyperproinsulinemia Hypocortisolim Hypogonadotrophic Hypogonadism	1(1)
POMC (pro-opiomelanocortin)	Tidak adanya ACTH, perkusor α MSH dan β endorphin	Inufisiensi kortikotropik	2(2)
MC4R (melanocortin 4 receptor)	Gangguan pada pengikatan ligand MC4R (α MSH)	Tidak ada	>14(>10)

2.1.3.2. Faktor Sosial Ekonomi

Pada negara maju, obesitas banyak terjadi pada tingkat sosial ekonomi yang rendah.^{18,24} Pada negara berkembang, obesitas meningkat sesuai dengan tingkat posisi sosial, tanpa dipengaruhi oleh jenis kelamin.¹⁸

2.1.3.3. Faktor Lingkungan

Beberapa faktor lingkungan yang menghambat aktivitas fisik adalah kurangnya tempat rekreasi umum atau fasilitas olahraga (contoh: klub kebugaran dan taman serta lapangan) dan aktivitas jalan kaki, jogging atau bersepeda. Faktor kesulitan ekonomi dan isolasi geografi menimbulkan banyak hambatan terhadap usaha peningkatan kesehatan.ⁱⁱⁱ

Berkurangnya lapangan terbuka akibat kepadatan pemukiman di daerah perkotaan memegang peranan yang cukup penting dalam meningkatnya insidensi obesitas.

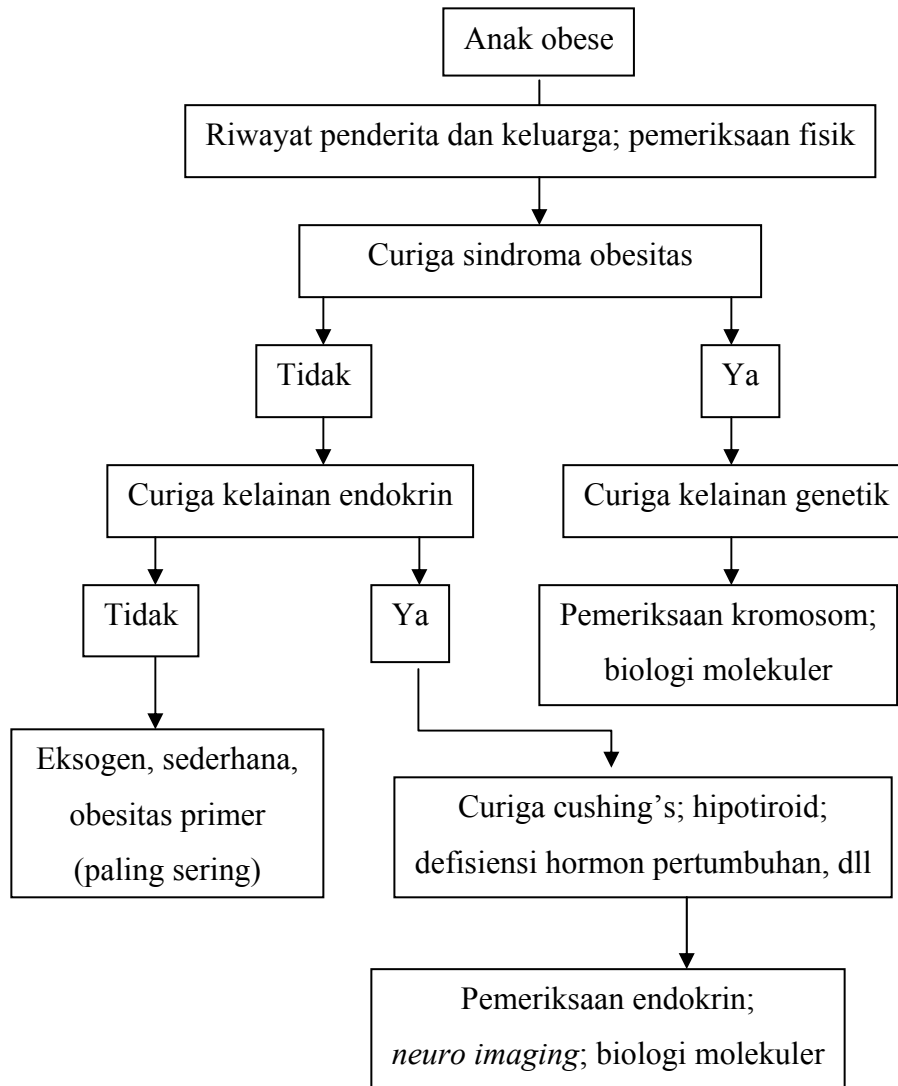
2.1.3.4. Perubahan Endokrin

Meningkatnya angka kejadian diabetes melitus pada kehamilan dapat mengakibatkan meningkatnya kejadian obesitas pada anak. Ibu dengan diabetes melitus pada saat hamil pada umumnya melahirkan bayi lebih gemuk, kadar glukosa lebih tinggi dan memungkinkan untuk menderita diabetes pada usia lebih awal.ⁱⁱⁱ

Beberapa penyakit endokrin yang berhubungan dengan obesitas adalah sindroma cushing, sindroma ovarium polikistik dan hipotiroid.^{19,20,24}

2.1.4. DIAGNOSIS

Menegakkan diagnosis etiologi obesitas dapat dilakukan dengan menggunakan algoritme diagnosis obesitas. Biasanya tidak dibutuhkan pemeriksaan laboratorium khusus dalam diagnosis, kecuali pada keadaan tertentu apabila dicurigai hiperkolesterolemia dan penyakit hepar.²²



Gambar 1. Algoritma diagnosis obesitas anak.¹⁸

Komposisi tubuh, dan kadar massa lemak tubuh tergantung dari pertumbuhan serta perbedaan laki-laki dan perempuan. Latar belakang etnik juga mempengaruhi distribusi lemak tubuh, dan pertumbuhan selama masa pubertas mempunyai peran dalam proporsi tubuh. Jaringan lemak subkutan dan intra abdominal pada masa anak memiliki risiko terjadinya penyakit kardiovaskular. Risiko penyakit kardiovaskular

meningkat apabila jaringan lemak pada daerah perut lebih tinggi. Hal ini dimungkinkan karena berhubungan dengan mekanisme biologi atau *genotype* yang berbeda.¹⁸

Kadar lemak pada bayi baru lahir 13% sampai 15% total massa tubuh. Setelah pre pubertas, kadar lemak pada perempuan akan meningkat dan pada laki-laki akan turun. Pada saat dewasa, kadar lemak wanita 20% sampai 25% sedangkan pada laki-laki 15% sampai 20%.¹⁸

Tabel 4. Perubahan kadar lemak berdasarkan umur¹⁸

Umur	Massa lemak / massa tubuh (%)
Neonatus	13-15
5-6 bulan	25-26
18 bulan	21-22
5-6 tahun	12-16
Dewasa	20-25 (perempuan) 15-20 (laki-laki)

Penghitungan antropometri, yaitu berat badan, tinggi badan, lingkar (pinggang, pinggul, lengan atas), ketebalan lipatan kulit menunjukkan indikasi kadar lemak tubuh.¹⁸

Penghitungan antropometri dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:^{18,25}

IMT

Pengukuran lingkar tubuh (pinggang, pinggul, lengan atas)

Tebal lipatan kulit

Metode hidrostatik

Pengenceran isotopik

Imaging techniques

Dual Energy X-ray Absorptiometri (DEXA)

Impedancemetry

Magnetic Resonance Imaging

2.1.4.1. Indeks Massa Tubuh (IMT)

Berat badan dan tinggi badan digunakan untuk menggambarkan IMT. Metode ini merupakan indikator universal yang mudah diaplikasikan dalam berbagai keadaan dan umum digunakan oleh praktisi.¹⁸

IMT digunakan secara luas untuk menentukan “*overweight*” dan obesitas karena IMT sangat berhubungan dengan pengukuran lemak tubuh yang akurat dan didapatkan dari data yang mudah didapat, yaitu berat badan dan tinggi badan. IMT juga berhubungan dengan kondisi komorbid obesitas pada anak dan dewasa.²⁰ IMT pada anak dikelompokkan berdasarkan kurva CDC tahun 2000 yang disesuaikan dengan umur dan jenis kelamin. (lampiran 1 dan 2).¹⁹

International Life Science Institute dan *American Academy of Pediatrics* mengelompokkan IMT pada anak berdasarkan umur dan jenis kelamin, yaitu:¹⁹

IMT 85%-95% : *overweight*

IMT > 95% : obesitas

2.1.5. PENATALAKSANAAN

Penatalaksanaan Obesitas dapat dibagi menjadi 2, yaitu

Penatalaksanaan non medikamentosa

Pengaturan Keseimbangan Diet

Aktivitas Fisik

olahraga

Penatalaksanaan medikamentosa

Penatalaksanaan obesitas harus dilakukan dengan pendekatan seluruh anggota keluarga, seperti pada saat anak di sekolah. Olahraga teratur dan pemantauan kemampuan anak harus selalu dilakukan. Penderita dan seluruh keluarga perlu diperingatkan bahwa masa program pengurangan berat badan tidak selesai pada saat turunnya berat badan dapat dicapai, namun pembatasan kalori harus tetap dilakukan setelah masa pengurangan berat badan.¹⁹

Peningkatan prevalensi obesitas pada anak secara umum merupakan keterlibatan perubahan pola hidup dan berkurangnya penggunaan energi dalam aktivitas fisik harian. Perubahan ini biasanya menetap dan harus diimbangi dengan melakukan olahraga secara teratur.¹⁹

Pada anak sampai usia 12 tahun, aktivitas fisik spontan dan pada waktu luang dianjurkan. Pada anak di atas 12 tahun aktivitas fisik di waktu luang harus lebih dikembangkan sebagai aktivitas olahraga secara terstruktur dan teratur.¹⁹

2.2. DIET & ENERGI

Kebutuhan nutrisi terhadap protein, lemak dan karbohidrat berubah sesuai dengan umur. Keseimbangan diet yang buruk pada awal masa kehidupan dapat memiliki andil dalam terjadinya obesitas di kemudian hari. Pada anak di bawah 2

tahun kebutuhan energi dipenuhi dengan asam lemak, sedangkan anak di atas usia 2 tahun kebutuhan energi dipenuhi dengan diversifikasi dengan porsi disesuaikan dengan usia anak.¹⁸

Iklan sering mendorong anak untuk mengkonsumsi makanan dengan energi tinggi. Para ahli menyarankan agar anak-anak mengurangi konsumsi makanan dan minuman energi (coklat, biskuit, keripik kentang, minuman ringan dan lain-lain), dianjurkan pula menghindari makanan tersebut ketika menonton televisi.¹⁸

Petugas kesehatan harus menekankan anak-anak untuk meningkatkan konsumsi sayur dan buah untuk memenuhi kebutuhan nutrisi mereka dalam rangka mencegah obesitas.

2.2.1. SISTEM METABOLISME ENERGI PADA OLAHRAGA ANAEROBIK

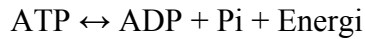
Adenosin trifosfat (ATP) merupakan sumber energi yang terdapat dalam sel-sel tubuh terutama sel otot yang siap dipergunakan untuk aktivitas otot. Terdapat 2 macam sistem pemakaian energi anaerobik yang menghasilkan ATP selama olahraga, yaitu:²⁶

1. Sistem ATP kreatinin fosfat (ATP-CP)
2. Sistem asam laktat

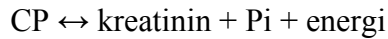
2.2.1.1. Sistem ATP-CP

Berguna untuk menggerakkan otot 6-8 detik, misalnya pada olahraga anaerobik seperti sprint 100 m, angkat besi dan tolak peluru. Ketika ATP terurai menjadi

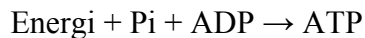
Adenosin difosfat (ADP) dan fosfat anorganik (Pi), dihasilkan energi yang dapat digunakan untuk kontraksi otot skelet selama olahraga.^{26,27,28}



Tiap molekul ATP yang terurai diperkirakan sekitar 7-12 kalori. Di samping ATP, otot rangka juga mempunyai senyawa fosfat berenergi tinggi lain, yaitu kreatinin fosfat (CP) yang dapat digunakan menghasilkan ATP.²⁶



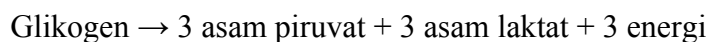
Energi ini dipakai untuk resintesis ATP, sehingga:



Cadangan CP otot skelet 3-5 kali lebih besar dibandingkan cadangan ATP di otot. Sistem ATP dan CP merupakan sistem anaerobik dimana ATP dan CP dapat diuraikan tanpa adanya oksigen.²⁶

2.2.1.2. Sistem asam laktat

Sistem ini dikenal juga sebagai glikolisis anaerobik. Glikolisis adalah pemecahan karbohidrat, dalam hal ini glikogen menjadi asam piruvat dan asam laktat. Asam laktat akan ditimbun dalam darah dan otot, dan akan menyebabkan kelelahan dari otot.



(glikolisis)

Jadi, dari sistem ini hanya menghasilkan 3 mol ATP untuk setiap mol glukosa, sehingga akhirnya cadangan glikogen segera cepat dapat berkurang. Energi yang

dihasilkan dapat berlangsung 2-3 menit, dan selanjutnya akan mengalami kelelahan.²⁸ Sistem asam laktat penting untuk olahraga intensitas tinggi yang lamanya 20 detik sampai 2 menit seperti sprint 200-800 meter dan renang gaya bebas 100 meter.²⁶

2.2.2. SISTEM ENERGI AEROBIK (METABOLISME AEROBIK)

Sistem aerobik membutuhkan oksigen untuk menguraikan glikogen/glukosa menjadi CO₂ dan H₂O melalui siklus krebs (*Tricarboyclic acid cycle* =TCA) dan sistem transpor elektron.²⁶

Sistem aerobik digunakan untuk olahraga yang membutuhkan energi lebih dari 3 menit seperti lari maraton dan renang gaya bebas 1500 meter. Reaksi aerobik terjadi pada sel otot yaitu pada organel mitokondria. Sistem aerobik menghasilkan energi lebih lambat dari sistem ATP-CP dan asam laktat, tetapi produksi ATP jauh lebih besar.²⁶

Bila intensitas kegiatan naik, maka karbohidrat dipakai, sedangkan bila durasi (lama waktu) kegiatan bertambah, maka lemak dipakai, dan bila karbohidrat dan lemak habis, protein akan dipakai. Ada tiga tahapan reaksi kimia yang selalu terjadi pada sistem aerobik yaitu glikolisis aerobik, siklus Krebs, dan sistem transport elektron.²⁸

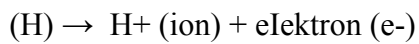
2.2.2.1. Glikolisis Aerobik

Glikogen → asam piruvat + energi

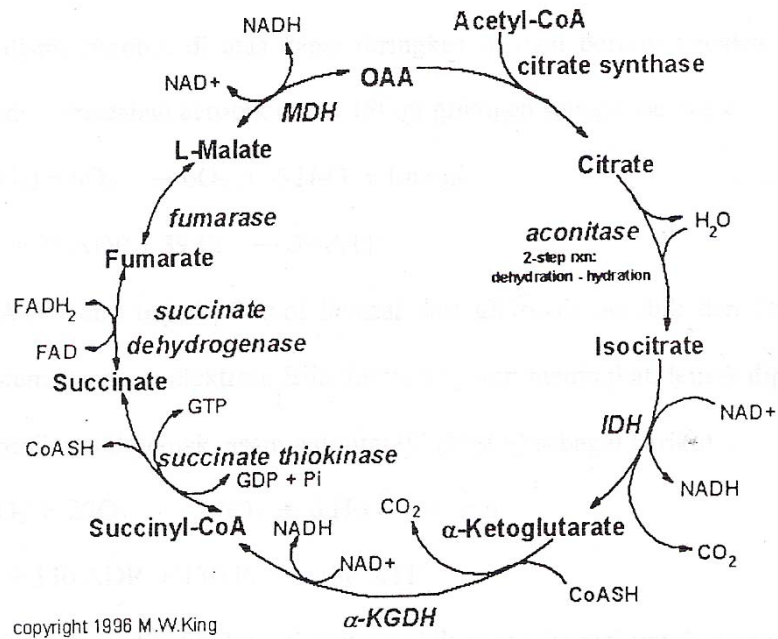
3 energi + 3 ADP + 3 Pi → 3 ATP²¹

2.2.2.2. Siklus Krebs

Dua siklus yang terjadi pada siklus Krebs yaitu : siklus TCA (asam trikarboksilat) , dan siklus asam sitrat. Pada siklus Krebs terjadi CO₂ dan oksidasi (yaitu dibuangnya elektron). CO₂ mengadakan difusi ke dalam darah dan dibawa ke paru. Sedang elektron yang dibuat berasal dari penglepasan atom hidrogen.



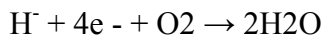
Asam piruvat mengandung (C), (H), dan (O); bila H dilepas maka hanya ada (C) dan (O) yang merupakan komponen CO₂, sehingga dalam siklus Krebs, asam piruvat dioksidasi dan menghasilkan CO₂.²⁸



Gambar 2. Siklus Krebs.²⁹

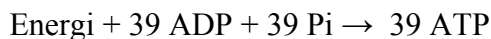
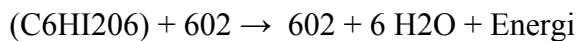
2.2.2.3. Sistem Transport Elektron

Pemecahan selanjutnya dari glikogen diperoleh hasil akhir H₂O yaitu H ion dan elektron yang berasal dari siklus Krebs, sedang oksigen berasal dari pemaafasan. Reaksi ini disebut reaksi transport elektron atau sebagai "rantai pernafasan"

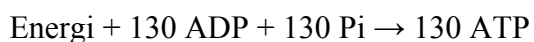
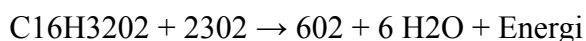


Untuk setiap pasang elektron (2e⁻) yang dibawa lewat rantai pemaafasan, cukup energi yang dapat dilepas untuk resintesis yaitu rata-rata 3 mol ATP.²⁸

Metabolisme aerobik di atas dapat diringkas sebagai berikut : reaksi kopel yang terjadi pada pemecahan aerobik untuk 180 gr glikogen sebagai berikut:



Jari 39 mol ATP yang terjadi, 3 mol berasal dari glikolisis aerobik dan 36 mol berasal dari sistem transport elektron. Bila durasi kegiatan meningkat, lemak dipakai. Pemecahan aerobik untuk lemak, asam palmitat (C₁₆H₃₂O₂) sebagai berikut :



Dari dua reaksi di atas terlihat bahwa sistem aerobik dapat dipakai untuk pemecahan glikogen dan lemak yang dapat digunakan untuk resintesis ATP secara besar tanpa terbentuknya hasil samping yang dapat menyebabkan kelelahan otot, seperti pada sistem laktat. Produksi panas badan yang dihasilkan pada waktu pemecahan glikogen atau lemak, separuhnya dipakai untuk resintesis ATP sehingga

menjadi energi ATP. Sebagian lagi dilepas sebagai panas yang disimpan dalam badan, dan lainnya hilang keluar. Bila intensitas kegiatan terus naik dan sistem kardiovaskular tidak mampu memasok oksigen, maka sistem anaerobik akan menggantinya.²⁸

2.3. AKTIVITAS FISIK

2.3.1. DEFINISI

Aktivitas fisik adalah setiap pergerakan tubuh yang dihasilkan oleh otot rangka yang menghasilkan *energy expenditure* melebihi *resting expenditure*.²⁹

Energi pada manusia digunakan dalam tiga cara:³⁰

1. Rerata metabolik saat istirahat

Pada saat istirahat energi digunakan untuk menjaga suhu tubuh dan kontraksi otot pernapasan dan sirkulasi.

2. Fungsi digestif dan asimilasi makanan.

Dahulu disebut dengan aksi dinamis spesifik. Pada saat ini disebut termogenesis yang dipengaruhi makanan atau efek termik makanan, jumlah energi yang digunakan kurang lebih 10% lebih besar dari rerata metabolik saat istirahat.

3. Aktivitas fisik.

Termasuk aktivitas fisik adalah pekerjaan harian, aktivitas pada waktu luang, transportasi dari maupun menuju tempat kerja atau tujuan lain.³⁰

Terdapat hubungan antara obesitas dengan pola hidup kurang aktif, dimana ditandai dengan lamanya waktu untuk menonton televisi.

Penelitian di Amerika Serikat yang dilakukan Berkley dkk (1996) terhadap 6149 anak perempuan dan 4620 anak laki laki yang diberi kuesioner tentang Asupan makanan, aktivitas fisik dan inaktivitas pada saat santai (video, permainan video /permainan komputer). Dari kuesioner yang kembali didapatkan data bahwa pada anak perempuan Asupan kalori lebih tinggi, aktivitas fisik yang lebih rendah dan menonton TV lebih lama/video/game lebih banyak selama setahun di antara 2 pengukuran IMT.¹⁷

2.3.2. PENGUKURAN AKTIVITAS FISIK

Energy expenditure yang merupakan hasil dari aktivitas fisik dapat diperkirakan dengan alat dan nilai yang berbeda-beda, seperti: perkiraan hubungan antara *energy expenditure* total dan metabolisme basal (penghitungan berdasarkan *double-labeled water and oxygen consumption*); kuesioner perbedaan aktivitas fisik dan periode inaktif (menggunakan waktu menonton televisi, atau permainan video, menggunakan kendaraan bermotor sebagai transportasi dan lain-lain); analisis pergerakan akselerometer. Semua metode berguna untuk memperkirakan tingkat aktivitas fisik menunjukkan hubungan antara peningkatan prevalensi obesitas dan kecenderungan peningkatan pola hidup tidak aktif.¹⁷

Energi yang dibutuhkan untuk suatu aktivitas ditulis dalam kilokalori atau kilojoule per kilogram berat badan atau oksigen yang dibutuhkan dalam mililiter per kilogram berat badan.

Metabolic equivalent (METs) adalah pendekatan pengukuran yang dihitung dengan koreksi berat badan. Satu MET menggambarkan perbandingan energi yang digunakan dalam kilojoule dibagi dengan energi yang digunakan pada saat istirahat dalam kilojoule, dimana keduanya dihitung atau diperkirakan dengan ukuran tubuh. Energy expenditure pada saat istirahat adalah 4,2kj per kg berat badan per jam atau 3,5ml O₂ per kg per menit.³⁰

Meskipun belum ada metode pengukuran yang sempurna, METs merupakan pendekatan yang paling sering digunakan untuk menentukan tingkat aktivitas fisik.

2.3.3. KLASIFIKASI AKTIVITAS FISIK

1. Klasifikasi aktivitas fisik berdasarkan frekuensi denyut jantung anak dalam semenit (di atas usia 2 tahun)³¹

Tidak aktif < 96 kali/menit

Ringan 97-120 kali/menit

Sedang 121-145 kali/menit

Berat >145 kali/menit

2. Klasifikasi aktivitas berdasarkan tujuan aktivitas³¹

Tidur : tidur di malam hari; tidur siang

Sekolah : belajar di kelas, istirahat, aktivitas sekolah lainnya

Rumah tangga: menjaga anak, membersihkan rumah, mencuci pakaian, “*laundry*”, menyiapkan makan dan memasak, membuat berbagai pekerjaan tangan, mengambil air.

Produksi : aktivitas agrikultural, pembuatan kerajinan tangan untuk dijual, pekerjaan tekstil, menangkap ikan, berkebun dan berdagang.

Bukan pekerjaan/ di luar sekolah: Perawatan diri dan kebersihan, istirahat, jalan-jalan dan bepergian, pekerjaan rumah, bermain dan bersenang senang, aktivitas sosial dan keagamaan

3. Klasifikasi berdasarkan nilai METs (metabolic equivalent)³¹

Ada beberapa klasifikasi berdasarkan nilai METs, antara lain:

a. *Vigorous* : anak yang berpartisipasi dalam aktivitas *vigorous* (dengan METs ≥ 6 dan membutuhkan penggunaan otot-otot besar secara ritmis) paling sedikit 3 kali per minggu dengan waktu paling sedikit 20 menit per sesi.

Adekuat : anak yang berpartisipasi paling sedikit 3 jam atau aktivitas Sedang paling sedikit 5 sesi dalam 1 minggu. Intensitas aktivitas sedang jika membutuhkan paling sedikit 3,5 METs.

Inadekuat : tidak termasuk 2 kategori di atas.

Kategori *vigorous* dan adekuat dikelompokkan sebagai aktif dan kategori

inadekuat dikelompokkan sebagai pasif.

b. Menurut Taylor dkk:³²

Intensitas rendah : aktivitas dengan < 4 METs

Intensitas sedang : aktivitas dengan 4-6 METs

Intansitas tinggi : aktivitas dengan >6 METs

4. Kategori lain:

Aktivitas sedang : sama seperti yang kita rasakan saat berjalan langkah normal

Aktivitas sangat tinggi: sama seperti saat berlari.

Aktivitas tinggi : aktivitas antara jalan dan berlari

2.4. OLAHRAGA

2.4.1. DEFINISI

Olahraga adalah aktivitas fisik yang terencana, terstruktur, berulang dan bertujuan memperbaiki atau menjaga kesegaran jasmani.⁹

Penelitian juga menunjukkan efek menguntungkan dari olahraga terhadap perkembangan anak, kegemukan dan kebiasaan makan. Para ahli menyarankan meningkatkan aktivitas fisik harian dengan berolahraga terhadap anak-anak yang bersiko dan melakukan aktivitas yang bermacam-macam pada saat senggang. Anak obesitas sering menjadi korban diskriminasi di sekolah dan sering dibebaskan dalam program olahraga di kelas. Guru olahraga harus dijelaskan tentang proses

diskriminasi sehingga mereka dapat melakukan adaptasi dengan metode olahraga kelas mereka. Apabila anak-anak membutuhkan bantuan secara khusus, aktivitas fisik yang disesuaikan terhadap mereka, mereka dapat dilakukan di luar waktu sekolah.⁹

2.4.2. MANFAAT

Olahraga bermanfaat bagi anak baik untuk masa sekarang dan pada masa yang akan datang. Keuntungan tersebut adalah:

2.4.2.1. Menjaga Berat Badan

Hubungan antara aktivitas fisik dan lemak pada anak sangat kompleks, terutama pada usia muda, dan penelitian yang telah dilakukan masih belum konsisten. Namun, peningkatan aktivitas fisik serta pembatasan asupan kalori dapat merupakan strategi yang baik untuk menurunkan berat badan.⁹

2.4.2.2. Membangun Tulang

Aktivitas fisik pada anak mempunyai efek jangka panjang pada tulang. Olahraga dapat menurunkan risiko osteoporosis dengan meningkatkan densitas mineral tulang. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Braden dkk (1998) menyebutkan bahwa latihan fisik yang berhubungan dengan posisi berat badan 30 menit, tiga kali seminggu selama 32 minggu meningkatkan densitas mineral tulang belakang, kaki, dan densitas mineral total tubuh dua kali lebih besar dibandingkan kontrol.³³ Penelitian lain menyebutkan bahwa densitas tulang tidak berkurang setelah berhentinya latihan, meskipun olahraga menjadi lebih rendah intensitas dan frekuensinya (Bass dkk,

1998). Dapat disimpulkan bahwa olahraga sebelum pubertas dapat mengurangi terjadinya risiko fraktur setelah menopause.³⁴

2.4.2.3. Perlindungan Kardiovaskular

Penyakit kardiovaskular bermanifestasi pada usia dewasa, namun, faktor risikonya terjadi jauh lebih cepat dan menetap secara khas. Penelitian membuktikan bahwa terdapat hubungan antara profil lemak dan lipoprotein pada masa anak dan remaja dengan berkembangnya lesi aterosklerosis dan tingginya tekanan darah pada usia muda. Keadaan ini secara signifikan meningkatkan risiko hipertensi esensial pada usia dewasa.⁹

Telah dibuktikan efek positif dari aktivitas fisik, khususnya tingkat latihan terhadap faktor risiko penyakit kardiovaskular pada dewasa, namun, data pada anak masih terbatas dan samar. Penelitian yang dilakukan Tolfrey dkk (1998) dengan program kebugaran selama 12 minggu (sepeda statis selama 30 menit, 3 kali seminggu), pada kelompok yang diteliti terbukti secara signifikan memperbaiki kadar LDL, HDL, kolesterol total dan rasio LDL/HDL. Penelitian lain dilakukan terhadap 88 anak pada pelajaran olahraga selama satu semester, menghasilkan data efek yang menguntungkan terhadap tekanan darah.³⁵

Penelitian Guttin dkk (2002) di Amerika Serikat terhadap 80 remaja obese usia 13 sampai 16 tahun yang dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu kelompok I mendapatkan pendidikan tentang pola hidup, kelompok II mendapatkan perlakuan pendidikan pola hidup ditambah dengan latihan fisik sedang, dan kelompok III mendapatkan

perlakuan pendidikan pola hidup dengan latihan fisik intensitas tinggi. Intervensi dilakukan selama 8 bulan dan dilakukan 5 kali per minggu dengan target *energy expenditure* 1047 kj (250 kkal)/ sesi latihan. Penelitian ini tidak disertai dengan intervensi diet. Hasil penelitian ini terjadi perbaikan kesegaran kardiovaskular pada remaja obese pada anak dengan intervensi latihan fisik, terutama latihan fisik dengan intensitas tinggi. Latihan fisik juga mengurangi lemak tubuh total dan lemak tubuh visceral, namun efek dari intensitas latihan belum dapat dipastikan dengan jelas.²⁵

2.4.2.4. Keuntungan Terhadap Kesehatan Mental

Latihan fisik pada anak menghasilkan efek yang menguntungkan bagi kesehatan mental anak sebagaimana orang dewasa, seperti menarik, intuitif, dan mempunyai ide yang cemerlang. Beberapa penelitian telah menyimpulkan bahwa latihan fisik berdampak positif pada kepercayaan diri anak, namun tidak meningkatkan kemampuan akademik ataupun kualitas diri secara keseluruhan. Olahraga tidak meningkatkan perkembangan moral, dimana hal ini bergantung pada keadaan dan kondisi khusus seperti peran dari pendidikan. Olahraga dapat meningkatkan kemampuan anak untuk menanggulangi tekanan. Penelitian Brown (1986) pada 220 remaja putri bahwa anak dengan program olahraga yang lebih keras mengalami tekanan fisik dan emosional lebih rendah dibandingkan anak dengan olahraga lebih sedikit.³⁶

Olahraga teratur membantu pasien dalam membakar kalori lebih banyak dan diharapkan dapat dilakukan dalam jangka panjang dengan intensitas yang besar.

Olahraga dapat membantu meningkatkan massa otot, meningkatkan rata-rata metabolik total, dan mengurangi jaringan lemak visceral sehingga dapat mengurangi risiko hiperlipidemia dan diabetes melitus.¹⁹

2.4.3 FISILOGI OLAHRAGA

Olahraga membutuhkan kontraksi otot yang terbentuk dari adenosin triphosphat (ATP). Pembentukan ATP merupakan derivat dari metabolisme glukosa secara aerobik dan anaerobik, kadang dari lemak, namun jarang didapatkan dari protein. Metabolisme aerobik yang mengkonsumsi oksigen lebih baik karena ATP diproduksi lebih efisien dalam keadaan aerobik.³⁷

2.4.3.1. Perubahan Curah Jantung

Selama latihan olahraga berdiri ada kenaikan volume sekuncup 20%-30% karena penambahan pada volume akhir diastolik dan penurunan dalam volume akhir – sistolik. Pada latihan pengerahan tenaga terlentang perubahan pada volume akhir-diastolik lemah atau tidak ada, ini menimbulkan sedikit atau tidak ada perubahan pada volume sekuncup.³⁷ Pada mulanya mekanisme akselerasi jantung yang menonjol adalah penghentian vagus, dengan aktivitas simpatis dominan selama pengerahan tenaga yang lebih kuat.³⁷

2.4.3.2. Faktor-faktor perifer

Bersamaan dengan kontraksi otot, metabolit lokal mengimbas dilatasi pembuluh darah kecil (tahanan). Kenaikan aliran sebanding dengan kekuatan otot dan terutama

di bawah kontrol lokal, karena ia tidak diubah oleh simpatektomi. Walaupun terjadi dilatasi vaskular, aliran meningkat secara bertahap karena rintangan mekanik ditentukan oleh kontraksi otot, dan amplitudo aliran sebanding dengan kekuatan kontraksi otot. Secara keseluruhan ada penurunan dalam tahanan vaskular sistemik, tetapi naiknya aliran yang tidak sepadan dengan menurunnya tahanan, akan menyebabkan aliran darah meningkat. Khususnya adalah ada kenaikan tekanan sistolik 50% dengan hanya sedikit kenaikan tekanan darah diastolik. Secara fungsional, tekanan ini diperlukan untuk memberi daya dorong yang cukup selama interval aliran, dan karenanya, secara bersamaan lebih besar bila interval aliran tersebut dikurangi pada puncak pengerahan tenaga dinamik dan selama kontraksi bertahan (seperti pada latihan tenaga isometrik).³⁷

2.4.3.3. Perubahan Neurohormonal

Selama latihan pengerahan tenaga, vasodilatasi pada beberapa bantalan vaskuler regional karena mekanisme lokal harus diimbangi dengan vasokonstriksi bantalan vaskular lain secara sentral untuk mempertahankan tekanan perfusi yang cukup.³⁷

Didapatkan respon neurohormonal yang kuat dengan bertambahnya norepinefrin dan epinefrin sepuluh kali lipat dalam plasma juga kenaikan aktivitas kadar renin dan arginin vasopresin yang lebih kecil. Diduga bahwa faktor-faktor neurohormonal ini membantu pembesaran kontraktilitas miokardium dan memperbaiki penyampaian darah ke dalam otot dan jantung yang sedang bekerja walaupun ini belum terbukti.³⁷

2.4.3.4. Konsumsi Oksigen Miokardium

Respon jantung terhadap latihan pengerahan tenaga meliputi perubahan dalam beban awal, beban akhir, kontraktilitas dan frekuensi denyut jantung. Dengan bertambahnya frekuensi denyut jantung dan kontraktilitas, kecepatan kontraksi lebih cepat dan waktu ejeksi sistolik diperpendek. Mekanisme kompensasi yang berperan mempertahankan perfusi miokardium meliputi vasodilatasi koroner (cadangan koroner) dan penambahan tekanan pendorong. Segi kebutuhan dari persamaan penyediaan-kebutuhan ini digambarkan oleh konsumsi oksigen miokardium, yang tergantung pada frekuensi denyut jantung, tipe kontraksi (tekanan sistolik dinding total), dan kontraktilitas miokardium. Selanjutnya tekanan dinding bergantung pada dimensi intra kavium, ketebalan dinding dan tekanan. Karena bertambahnya volume diastolik dan tekanan darah arteri selama latihan pengerahan tenaga, stres dinding naik secara dramatis. Dengan demikian, semua determinan konsumsi oksigen miokardium (tekanan dinding, frekuensi denyut jantung dan kontraktilitas) sangat naik selama pengerahan tenaga.³⁷

Konsumsi O_2 (VO_2) sesuai dengan pengangkutan oksigen (DO_2). DO_2 diproduksi oleh curah jantung dan arteri atau campuran perbedaan oksigen content vena. Pada saat istirahat, konsumsi oksigen sekitar 3-5 ml/kg/menit, dapat meningkat sampai 30 ml/kg/menit pada anak sehat setelah melakukan olahraga berat.¹⁹

2.4.4. ADAPTASI TUBUH TERHADAP OLAHRAGA

Respon tubuh terhadap olahraga merupakan hasil dari respon koordinasi sistem organ, termasuk jantung, paru, pembuluh darah perifer, otot yang olahraga dan sistem endokrine. Sistem kardiovaskular merupakan sistem yang paling terpengaruh terhadap olahraga.³⁸

2.4.4.1. Konsumsi oksigen

Tujuan utama adaptasi kardiovaskular olahraga adalah pengangkutan oksigen adekuat dan zat metabolisme pada otot yang bekerja, yaitu pembuangan karbon dioksida dan produk lain yang tidak berguna. Keberhasilan sistem kardiovaskular dalam mencapai adaptasinya dinilai dengan keseimbangan antara oksigenasi jaringan dan konsumsi oksigen. Konsumsi oksigen jaringan (QO_2) diperkirakan dengan menghitung konsumsi oksigen melalui ventilasi (VO_2), dimana pada saat seimbang, kedua variabel ini sama besar.³⁸

$$VO_2 = CO \times (CaO_2 - CVO_2) = HR \times SV \times (CaO_2 - CVO_2)$$

VO_2 = konsumsi oksigen

CVO_2 = kandungan oksigen vena

CO = curah jantung

campuran

CaO_2 = kandungan oksigen

HR = frekuensi denyut jantung

arterial

SV = volume sekuncup jantung

Pada saat olahraga konsumsi oksigen otot meningkat. Peningkatan kebutuhan ini dipenuhi oleh meningkatnya CO dan ekstraksi oksigen dalam darah dihitung dengan perbedaan oksigen content ($CaO_2 - CVO_2$).³⁸

2.4.4.2. Volume Sekuncup Jantung

Repon awal kardiovaskular terhadap olahraga ringan diperantarai oleh peningkatan curah jantung, yaitu hasil dari volume sekuncup jantung ventrikel dan frekuensi denyut jantung. Peningkatan volume sekuncup jantung pada saat olahraga bertujuan meningkatkan pengisian ventrikel (beban awal) dan dan kontraktilitas dan mengurangi tahanan arteri (beban akhir). Peningkatan beban awal merupakan kombinasi dari konstiksi vena, pompa otot perifer yang berkontraksi, dan peningkatan peregangan ventrikel jantung. Peningkatan kontraktilitas ventrikel dan perubahan beban awal dan beban akhir terjadi karena stimulasi simpatis melalui peningkatan reseptor β adrenergik jantung. Penurunan beban akhir terjadi karena redistribusi aliran darah ke kulit dan otot yang bekerja, melalui efek vasodilator lokal seperti natrium, laktat, bradikinin, hipoksia dan hiperkarbia. Peningkatan volume sekuncup jantung mengakibatkan sedikit peningkatan pada curah jantung. Terutama pada saat olahraga ringan. Rowel (1974) menggambarkan suatu persamaan penghitungan VO_2 sebagai berikut:³⁸

$$VO_2 = (CaO_2 - CVO_2) \times MBP/TPR$$

MPB = Rerata tekanan darah

TPR = Tahanan perifer total

2.4.4.3. Tekanan Darah

Selama olahraga dinamis, tekanan darah sistolik meningkat secara bermakna, sedangkan tekanan darah diastolik sedikit berkurang, sehingga terjadi sedikit peningkatan tekanan darah arteri. Peningkatan yang besar pada curah jantung selama olahraga harus se相随 dengan pengurangan tahanan vaskular sistemik untuk menjaga tekanan darah rata-rata. Perubahan tekanan darah dengan olahraga statis sangat berbeda, sehingga olahraga jenis ini tidak dapat digunakan untuk menilai status kardiovaskular.³⁸

2.4.4.4. Frekuensi Denyut Jantung

Frekuensi denyut jantung diatur oleh keseimbangan antara fungsi simpatis dan parasimpatis. Olahraga meningkatkan tonus simpatis dan menekan fungsi parasimpatis mengakibatkan takikardi. Pada olahraga ringan fase awal, mekanisme utama peningkatan frekuensi denyut jantung disebabkan turunnya fungsi parasimpatis yang diperantarai oleh nervus vagus. Pada olahraga intensitas sedang sampai berat peningkatan frekuensi denyut jantung disebabkan karena meningkatnya stimulasi simpatis yang diperantarai dengan persarafan simpatis jantung pada sirkulasi katekolamin.³⁸

2.4.4.5. Sirkulasi Pulmonal

Tabel 5 menunjukkan parameter kardiovaskular yang diperoleh pada kelompok sukarelawan normal selama latihan pengerahan tenaga.

Pada sirkulasi sistemik maupun pulmonal ada kenaikan tekanan dengan penurunan tahanan.³⁷

Tabel 5. Perubahan hemodinamik Sistemik dan Pulmonal dalam berespon terhadap latihan pengerahan tenaga pada 12 Orang Laki-laki Normal.³⁷

	DJ	IJ	RTA	TVS	LVSWI	RTP	TVP	RVSWI
Istirahat	85	4,0	86	1640	59	15	260	9
Latihan	150	8,0	105	970	74	30	215	22
% Perubahan	76	100	41	-40	25	100	-17	144

DJ= denyut jantung. IJ= Indeks Jantung. RTA= Rata-rata Tekanan Arteri, TVS= Tahanan vaskular Sistemik, LVSWI= Left Ventrikular Stroke Work Index, RTP= Rata-rata Tekanan Pulmonal, TVP= Tahanan Vaskular Pulmonal, RVSWI= Right Ventrikular Stroke Work Index.

2.4.4.6. Perbedaan Oksigen Content Arteri-Vena

Asupan oksigen pada otot yang bekerja meningkat selama olahraga dengan meningkatkan ekstraksi oksigen jaringan. Hal ini digambarkan dengan perbedaan kandungan oksigen arteri-vena ($CaO_2 - CVO_2$). Pada saat istirahat, total ekstraksi tubuh relatif rendah, antara 25% sampai 30%. Selama olahraga, ekstraksi oksigen dapat meningkat sampai 80% -85%. Hal ini disebabkan karena redistribusi aliran darah pada otot yang bekerja, dimana QO_2 lebih tinggi dibanding organ lain.³⁸

2.4.5 RESPON KARDIOVASKULAR PADA OLAHRAGA

Respon kardiovaskular terhadap olahraga dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, etnik, protokol latihan dan posisi tubuh, dan latihan.

2.4.5.1. Umur

Penelitian belah lintang menyebutkan bahwa VO_2 maksimal (VO_{2maks}) meningkat secara linear dari 1 l/menit pada usia 6 tahun sampai 3 l/menit pada remaja 15 tahun. Penelitian ini telah dikonfirmasi dengan penelitian longitudinal

dengan VO_2 maks meningkat sekitar 200 ml/menit setiap tahun setelah pubertas.^{xxxix}

Curah jantung maksimal meningkat sesuai dengan peningkatan ukuran tubuh, meskipun peningkatan tersebut tidak seimbang. Curah jantung meningkat sampai 20 ml/menit setiap peningkatan 1 cm tinggi badan anak, pada saat berolahraga dengan VO_2 yang sama.^{xxxix}

Frekuensi denyut jantung maksimal dipengaruhi oleh motivasi subyek, namun biasanya berkisar antara 195-202 x/menit. HR maksimal biasanya menetap pada masa anak sampai remaja, dan akan berkurang pada saat dewasa.^{xxxix}

2.4.5.2. Jenis Kelamin

Perbedaan VO_2 maks antara laki-laki dan perempuan sebelum pubertas sangat kecil, namun nilainya lebih besar pada laki-laki, hampir pada semua umur. Anak laki-laki pada umumnya memiliki respon curah jantung maksimal lebih besar dari anak perempuan, dengan nilai curah jantung maksimal 12,5 L/menit pada anak laki-laki usia 9 -10 tahun dan 10,5 L/menit pada anak perempuan usia yang sama. Pada anak laki-laki usia 19-20 tahun curah jantung maksimal sekitar 21,1 L/menit dan 15,5 L/menit pada anak perempuan.^{xxxix}

2.4.5.3. Etnik

Anak laki-laki usia 10 tahun kulit hitam menunjukkan volume sekuncup jantung dan curah jantung lebih rendah pada latihan maksimal dibandingkan anak kulit putih usia yang sama. Anak laki-laki kulit hitam menunjukkan

kecenderungan tekanan darah yang lebih tinggi selama latihan ergometri sepeda dibandingkan usia dan permukaan tubuh mereka.^{xxxix}

2.4.5.4. Protokol dan posisi tubuh

Latihan *treadmill* menghasilkan VO₂ miokardium dan total lebih tinggi dibandingkan ergometer sepeda karena melibatkan massa otot yang lebih banyak dan subyek tidak ditopang.^{xxxix}

2.4.5.5. Latihan

Pada anak prapubertas, efek latihan meningkat 20-25% dibandingkan sebelum latihan, sedangkan pada orang dewasa, efek latihan sekitar 25-30%. Curah jantung maksimal pada anak yang terlatih juga meningkat dibandingkan pada anak yang tidak terlatih.^{xxxix}

2.5. KESEGARAN JASMANI

Kesegaran jasmani meliputi kesegaran kardiorespirasi, kekuatan otot, komposisi tubuh dan kelenturan, dan gabungan kemampuan yang dapat dicapai yang berhubungan dengan kemampuan melakukan aktivitas fisik.²⁹

2.5.1. KOMPONEN KESEGARAN JASMANI

Komponen kesegaran jasmani dapat dibagi menjadi 2 kelompok yang satu berkaitan dengan kesehatan dan yang lain berkaitan dengan ketrampilan atau kemampuan atletik.

2.5.1.1. Kesegaran Jasmani yang Berhubungan Dengan Kesehatan

Kesegaran jasmani berkaitan dengan kesehatan mengacu pada beberapa aspek fungsi fisiologi dan psikologis yang dipercaya memberikan perlindungan kepada seseorang dalam melawan beberapa tipe penyakit degeneratif seperti penyakit jantung koroner, obesitas dan kelainan muskuloskeletal. Komponen kesegaran jasmani yang berkaitan dengan kesehatan termasuk kesegaran aerobik atau kariovaskular, komposisi tubuh dan kesegaran muskuloskeletal (kekuatan, daya tahan dan kelenturan otot).^{27,xl,xli}

2.5.1.1.1. Kesegaran kardiorespirasi

Kesegaran kardiorespirasi adalah kemampuan melepaskan energi metabolisme yang ditunjukkan dengan kemampuan kerja fisiologis tubuh relatif untuk menghasilkan efisiensi dari pembuluh darah, jantung dan paru dalam periode waktu lama.²⁷ Kesegaran kardiovaskular atau daya tahan kardiorespirasi atau kesegaran aerobik juga didefinisikan sebagai kemampuan sistem pernapasan dan sirkulasi untuk menyediakan oksigen guna kerja otot selama aktivitas yang ritmik dan kontunyu dengan melibatkan kelompok besar otot.^{xlii}

Sebagai respon langsung terhadap kebutuhan otot, curah jantung (hasil dari isi sekuncup x denyut jantung) meningkat secara linier untuk menyediakan otot kebutuhan darah yang mengandung oksigen dan mengeluarkan karbondioksida serta produk metabolisme lainnya untuk menjaga homeostasis tubuh.^{xl}

Kesegaran aerobik ini biasanya diukur dengan suatu istilah VO_2 maks, yakni angka terbesar dimana oksigen dapat dikonsumsi selama latihan maksimal.

VO₂maks (ml/mnt) merupakan hasil dari denyut jantung, isi sekuncup dan perbedaan konsentrasi oksigen pada arteri dan vena.^{xl, xliii} VO₂maks menggambarkan kemampuan otot untuk mengkonsumsi oksigen dalam metabolisme dikombinasikan dengan kemampuan sistem kardiovaskular dan pernapasan untuk menghantarkan oksigen ke mitokondria otot.^{xliv}

2.5.1.1.2. Kekuatan Otot

Kekuatan otot dapat didefinisikan sebagai tenaga atau tegangan otot untuk melakukan kerja yang berulang-ulang atau terus menerus melawan tahanan dalam suatu hal yang maksimal.^{27,xlii}

Kekuatan otot merupakan suatu kemampuan untuk menghasilkan tenaga, termasuk di dalamnya adalah kekuatan dinamik atau isotonik (yakni kemampuan untuk menghasilkan tenaga melalui lingkup gerak) dan kekuatan isometrik (yakni kemampuan untuk menghasilkan tenaga pada suatu titik dalam lingkup gerak tanpa disertai perubahan panjang otot).^{xliiii}

2.5.1.1.3. Ketahanan Otot

Ketahanan otot merupakan kemampuan otot untuk melakukan kerja yang berulang-ulang atau terus menerus dengan beban submaksimal.^{27,xlii}

Perkembangan kekuatan otot dan daya tahan otot pada dasarnya ditentukan oleh ukuran otot dan penampang melintang otot, kekuatan otot dan sudut tarikan, dan kecepatan kontraksi otot dan produksi tenaga. Terdapat hubungan yang bermakna antara ukuran otot dan penampang lintangnya, dengan kekuatan otot pada umumnya. Ukuran dan penampang lintang yang lebih besar akan

memproduksi tenaga yang lebih besar.^{xlii}

2.5.1.1.3. Kelenturan

Kelenturan mengacu pada otot atau kelompok otot yang secara fungsional dapat melewati suatu lingkup gerak sendi.^{27,xlii,xlv} Tingkat gerak kelenturan spesifik terhadap masing-masing persendian, dan secara umum dibatasi oleh struktur sendi, kapasitas dimensi gerak, dan elastisitas serta besarnya otot dan jaringan ikat.²⁷

Kelenturan dapat dibagi menjadi komponen statis dan dinamis. Kelenturan statis adalah kemampuan untuk meregangkan tubuh dalam berbagai gerak yang berbeda, sedangkan kelenturan dinamis adalah kemampuan tubuh untuk menggerakkan badan dan anggota gerak secara cepat atau terus-menerus. Meskipun kedua komponen mengacu pada lingkup gerak, namun kelenturan statik bersifat pasif, sedangkan kelenturan dinamik berorientasi pada gerakan.²⁷

2.5.1.1.4. Komposisi Tubuh

Komposisi tubuh pada dasarnya terdiri dari 2 komponen, yakni : lemak tubuh dan massa tubuh tanpa lemak. Lemak tubuh termasuk semua lipid dari jaringan lemak maupun jaringan lainnya. Massa tubuh tanpa lemak terdiri dari semua bahan-bahan kimia dan jaringan sisanya, termasuk air, otot, tulang, jaringan ikat, dan organ-organ dalam.^{xlvi}

2.5.1.2. Kesegaran Jasmani yang Berhubungan dengan Ketrampilan

Kesegaran jasmani yang berhubungan dengan ketrampilan merupakan kualitas

yang dimiliki seseorang sehingga mampu untuk berpartisipasi dalam aktivitas olahraga.^{27,x1} Komponen kebugaran jasmani ini meliputi ketangkasan, kecepatan, koordinasi, tenaga, dan keseimbangan.^{36,x1, xlvii,xlviii}

2.5.2. FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KESEKARAN JASMANI

Ada beberapa faktor penting yang mempengaruhi kebugaran jasmani yang berhubungan dengan kesehatan, antara lain: umur, jenis kelamin, genetik, etnik, dan kadar hemoglobin.^{xlvi, xlix}

2.5.3. METODE PENGUKURAN TINGKAT KESEKARAN

JASMANI

Terdapat berbagai variasi test kebugaran jasmani untuk menetapkan tingkat kebugaran jasmani seseorang. Beberapa test yang sering dilakukan adalah *Harvard Step test*, *treadmill* dan ergometer sepeda, *Asian Commitee on the Standardization of Physical Fitness Test* (ACSPFT), dan *multistage fitness shuttle run test*.^{xlvi,1,li,lii}

2.5.3.1. Test Kebugaran Bertingkat Lari Ulang-Alik 20 Meter

Test ini bermanfaat terhadap aspek utama kebugaran, yaitu efisiensi fungsi jantung dan paru-paru. Hal ini diindikasikan dengan baik melalui pengukuran ambilan oksigen maksimum.^{lii}

Prinsip pemeriksaan bersifat langsung: orang yang dites berlari secara ulang alik sambil mendengar serangkaian sinyal “ding” yang terekam dalam kaset. Pemberian waktu dalam sinyal tersebut mulanya berdurasi amat lambat,

kemudian secara bertahap menjadi lebih cepat, sehingga akhirnya menjadi semakin sulit bagi pelari untuk menyamakan kecepatan kakinya dengan kecepatan yang diberikan oleh sinyal.^{lii}

2.5.4. INDEKS PENGUKURAN KESEGERAN

KARDIOVASKULAR

Untuk membandingkan hasil uji antar individu diperlukan ukuran obyektif kepastian kardiovaskular yang dapat diulangi, sensitif dan dengan mudah dapat diperoleh. Ada empat indeks kemampuan pengerahan tenaga yang biasa digunakan:³⁷

2.5.4.1. Respon Frekuensi Denyut Jantung.

Merupakan ukuran yang paling sederhana dan paling sering digunakan. Hal ini didasarkan pada hubungan linier antara frekuensi denyut jantung dan konsumsi oksigen. Pada penderita dengan penyakit jantung, hubungan ini tidak sesuai, atau tidak dapat dibandingkan dengan hubungan dengan individu normal.

37

2.5.4.2. Kapasitas Latihan Pengerahan Tenaga Total.

Ditentukan secara rutin di kebanyakan laboratorium pengerahan tenaga, dimana kemampuan protokol pada protokol latihan pengerahan tenaga baku diperbandingkan dengan orang sehat yang umurnya disesuaikan. Keterbatasan utamanya adalah ketergantungan kuat pada motivasi dan kepatuhan, sehingga

mengurangi obyektifitas dan pengulangan kembali indeks tersebut. Perbandingan dapat dibuat hanya antara uji yang dilakukan dengan menggunakan protokol uji dan cara pengerahan tenaga yang sama.³⁷

2.5.4.3. Konsumsi Oksigen Maksimum (VO₂ Maks)

Dapat didefinisikan sebagai plateau konsumsi oksigen yang terjadi selama penambahan pengerahan tenaga walaupun beban makin bertambah. Pada keadaan ideal, VO₂maks adalah ukuran kemampuan kardiovaskular yang dapat diulangi lagi yang menunjukkan sedikit variabilitas dari hari ke hari. Walaupun VO₂maks tidak dapat digunakan pada semua kasus karena subyek harus mengerahkan tenaga sampai kelelahan, kegagalan mencapai VO₂maks yang sebenarnya dapat diketahui dengan mudah.³⁷

2.5.4.4. Nilai Ambang Anaerob

Nilai ambang anaerob dipandang sebagai pengukuran penting selama latihan pengerahan tenaga karena memberi petunjuk saat dimana penghantaran oksigen tidak berhasil mengimbangi kebutuhan metabolik. Indeks ini dapat diulangi baik pada orang normal maupun penderita dengan gagal jantung kongestif. Metoda ini yang sedang diteliti telah cukup dibuktikan kebenarannya dan aplikasi kliniknya. Namun tetap ada kontroversi berkenaan dengan ketepatan pengukuran indeks tersebut.³⁷

Indeks yang dipilih tergantung pada keadaan klinik. Pada penderita yang mampu bekerjasama dengan proses yang lebih membutuhkan analisis gas darah yang dikeluarkan (ekspirasi), pengukuran VO₂maks dan nilai ambang anaerob

memberi data tambahan yang diinginkan. Terutama jika kemanjuran intervensi terapeutik, seperti pembedahan, valvoplasti balon atau terapi pengurangan beban akhir, harus dinilai, kenaikan VO_2 maks adalah indikator terbaik dari respon yang baik.³⁷

2.6. PROGRAM INTERVENSI OLAHRAGA DI SEKOLAH

Sekolah merupakan tempat yang ideal untuk melaksanakan program yang bertujuan meningkatkan aktivitas dan kebugaran pada anak-anak.^{11, 16} *Center for Disease Control and Prevention (CDC)*, *National Sport and Physical Education (NASPE)* dan *American Heart Association (AHA)* merekomendasikan pendidikan kesehatan anak secara menyeluruh tiap hari.

Komunitas masyarakat sehat 2010 merekomendasikan bahwa pendidikan kesehatan di sekolah harus dilakukan setiap hari dan memungkinkan murid untuk melakukan aktivitas fisik sedang sampai *vigorous* sedikitnya 50% waktu pelajaran. Pendidikan kesehatan adalah suatu pendidikan dan bersumber pada kesehatan masyarakat, memberi kesempatan pada anak-anak untuk aktif secara fisik dan mengajarkan mereka pengetahuan dan kemampuan bergerak sehingga mendorong mereka pada pola hidup aktif.^{iv}

Penelitian menyebutkan bahwa 47% sekolah menengah pertama dan 26% sekolah menengah atas melaksanakan program kesehatan sekolah selama 3 tahun.¹⁸

Keuntungan pendidikan kesehatan:

Meningkatkan kemampuan motorik yang dibutuhkan untuk dapat melakukan aktivitas fisik dengan baik.

Meningkatkan kebugaran

Meningkatkan *energy expenditure*

Mengembangkan pola hidup sehat dan aktif.

Meningkatkan kemampuan akademik

Meningkatkan kepercayaan diri.¹⁸

Sekolah memiliki kemampuan potensial untuk mencegah atau mengurangi obesitas pada anak Indian di Amerika, dengan mempersiapkan akses yang mudah kepada anak dan kesempatan untuk menjalin yang serius dan berkesinambungan, efektif dalam hal biaya dan lingkungan alami dimana intervensi terhadap anak dapat dilakukan.ⁱⁱⁱ

Enam pedoman yang dilakukan pada program pencegahan kegemukan di sekolah:

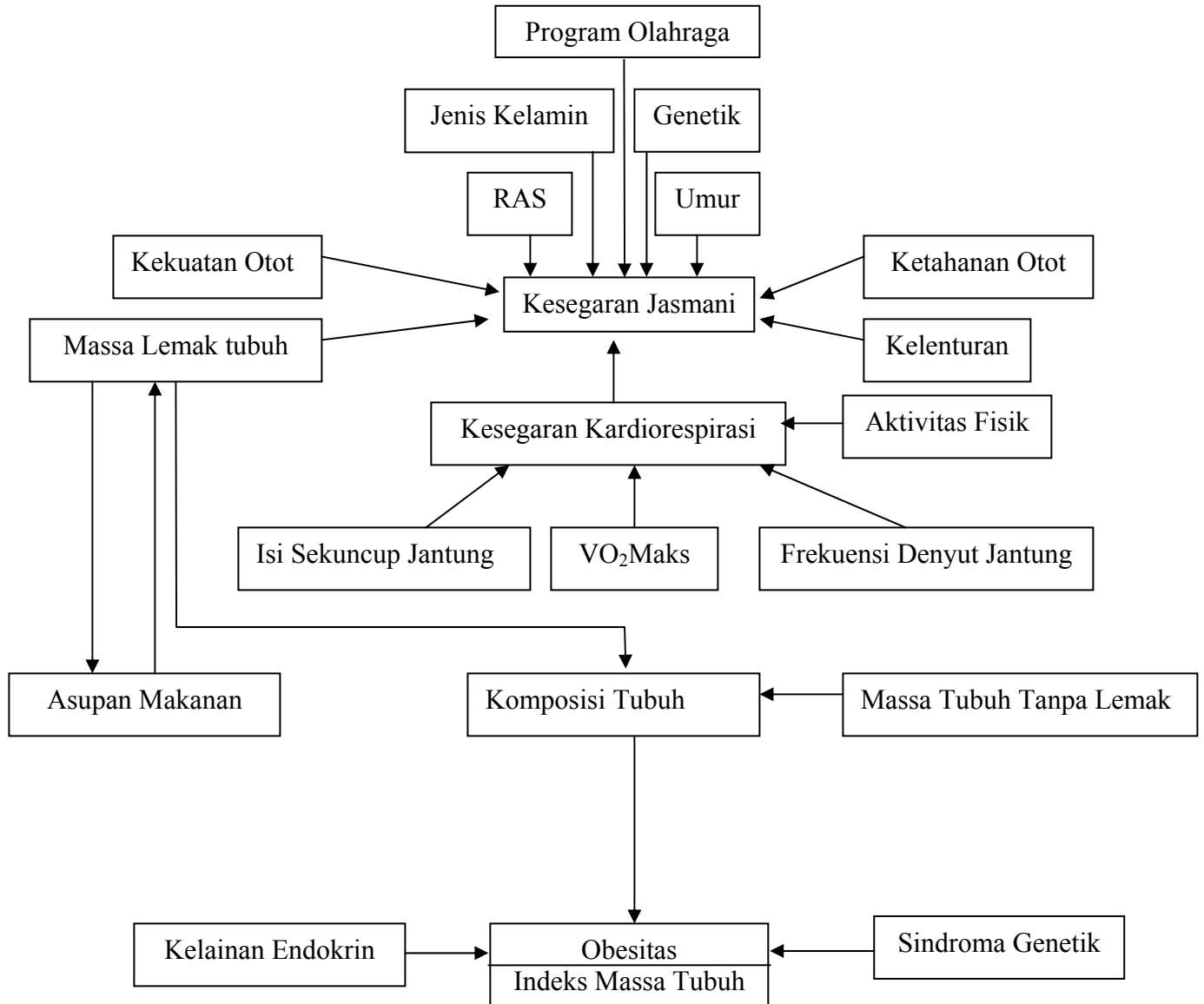
1. Intervensi meliputi kedua komponen Asupan makanan dan *energy expenditure*.
2. Intervensi komponen makanan harus melibatkan orangtua dan perubahan tingkah laku dan lingkungan.
3. Komponen energi harus dilakukan secara berkesinambungan mengatur kemampuan individu seumur hidup dan aktivitas fisik lebih baik dari karakter aktivitas kompetitif pada beberapa program pendidikan jasmani di sekolah.

4. Keterlibatan personil yang mengatur diet dalam penyediaan makanan dan pengaturan dalam penyajian sangat penting.
5. Pengawasan pribadi terhadap diet dan latihan merupakan kemampuan yang penting dikembangkan pada anak untuk memperkuat dan mendapatkan umpan balik dalam proses belajar.
6. Teman sebaya harus terlibat untuk membangun kondisi sosial yang mendukung dan standard sosial terhadap makanan dan latihan.ⁱⁱⁱ

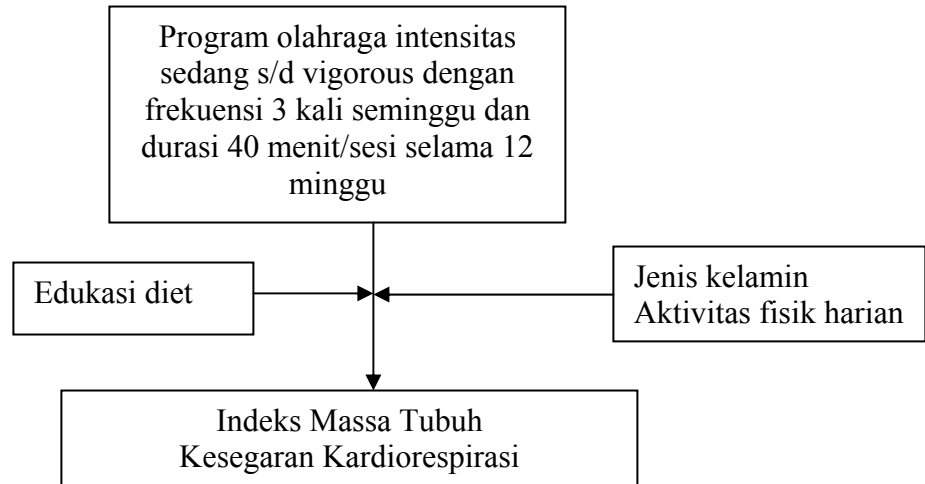
BAB 3

KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS

3.1. KERANGKA TEORI



3.2. KERANGKA KONSEP



3.3. HIPOTESIS

- Olahraga dengan intensitas sedang sampai *vigorous* dengan frekuensi 3 kali seminggu dan durasi 40 menit/sesi selama 12 minggu berpengaruh terhadap tingkat kesegaran kardiorespirasi pada remaja obesitas.
- Olahraga dengan intensitas sedang sampai *vigorous* dengan frekuensi 3 kali seminggu dan durasi 40 menit/sesi selama 12 minggu berpengaruh terhadap IMT pada remaja obesitas.

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Ruang lingkup penelitian ini adalah Ilmu Kesehatan Anak dan Ilmu Kedokteran Olahraga.

4.2. DESAIN PENELITIAN

Desain penelitian ini adalah pre eksperimental *one group pre and post test design*.

4.3. POPULASI DAN SAMPEL PENELITIAN

4.3.1. POPULASI PENELITIAN

4.3.1.1. Populasi target

Murid SMP dengan obesitas usia 12-14 tahun

4.3.1.2. Populasi terjangkau

Murid SMP Domenico Savio di kota Semarang dengan obesitas usia 12-14 tahun

4.3.2. SUBYEK PENELITIAN

4.3.2.1. Subyek penelitian

Murid SMP Domenico Savio dengan obesitas usia 12-14 tahun dengan

Kriteria inklusi

Memenuhi kategori Obesitas menurut kurva IMT CDC tahun 2000 ($\geq p$
95)

Bersedia ikut penelitian

Kriteria eksklusi:

Menderita cacat otot dan tulang

Menderita penyakit jantung

Menderita asma yang dipicu oleh aktivitas fisik

Menderita sakit berat yang membutuhkan perawatan rumah sakit

Mengonsumsi obat-obatan yang mempengaruhi komposisi tubuh;
seperti pada sindroma cushing, diabetes melitus tipe I, hipotiroid

Kriteria drop out:

Berhenti mengikuti program sebelum 12 minggu.

Perkiraan Besar Sampel

Sesuai dengan tujuan penelitian yang menghitung hubungan antara olahraga dengan kebugaran dan IMT, maka besar sampel dihitung dengan rumus:

$$n = \left[\frac{(Z\alpha + Z\beta) \times Sd}{d} \right]^2$$

Apabila $\alpha = 0,05$ ($Z \alpha = 1,96$), power 80% ($Z \beta = 0,842$) dan perubahan IMT yang diinginkan (d) adalah 5, serta SD 3,2, maka jumlah

sampel minimal adalah 11 , dengan perkiraan drop out 10% maka besar sampel minimal ~ 12 orang.^{liii}

4.3.2.4. Cara pengambilan sampel

Pengambilan sampel dengan metode *consecutive sampling*.

4.4. VARIABEL PENELITIAN

4.4.1. VARIABEL BEBAS

Program intervensi olahraga di sekolah

4.4.2. VARIABEL TERGANTUNG

Tingkat kesegaran kardiorespirasi

IMT

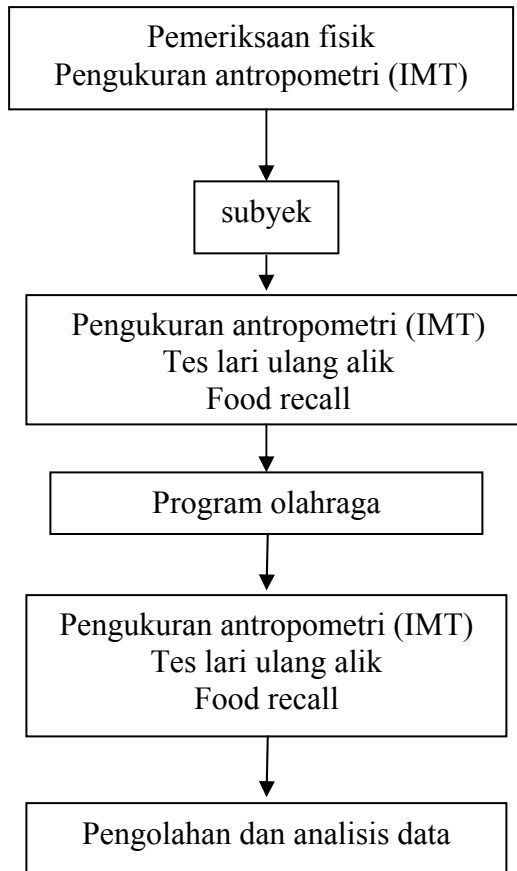
4.4.3. VARIABEL PENGGANGGU

Jenis kelamin

Aktivitas fisik harian

Asupan makanan

4.5. ALUR PENELITIAN



4.6. METODE ANALISIS DATA

Analisis data dilakukan dengan program SPSS for Windows 13.0. Pada data yang terkumpul akan dilakukan pembersihan data, kode, tabulasi dan data dimasukkan ke dalam komputer. Untuk mengetahui normalitas sebaran data digunakan uji Saphiro-Wilk.

Pada analisis deskriptif data yang berskala nominal atau ordinal seperti jenis kelamin, ras, dan tingkat aktivitas fisik akan dinyatakan dalam distribusi frekuensi

dan persen. Sedangkan data yang berskala rasio seperti umur, tinggi badan, berat badan, IMT, VO₂maks dan asupan kalori akan disajikan sebagai rerata dan simpang baku.

Perbedaan dan IMT dan VO₂maks sebelum dan setelah intervensi diuji dengan t tes berpasangan bila data terdistribusi dengan normal dan uji wilcoxon apabila data tidak terdistribusi normal.

Analisis total asupan kalori sebagai faktor perancu terhadap perubahan IMT dengan multipel regresi linier dengan variabel pembanding total beban kalori pada intervensi olahraga.

4.7. DEFINISI OPERASIONAL

1. Jenis Kelamin: dikelompokkan berdasarkan laki-laki dan perempuan.
Skala: nominal.
2. Berat badan: adalah massa tubuh yang meliputi otot, tulang, lemak, cairan tubuh dan lain-lain yang diukur dengan timbangan digital *omron body fat analyzer* yang sudah terstandarisasi dan dengan tingkat ketelitian 100 gram. Penimbangan dilakukan dengan melepas sepatu dan menggunakan pakaian seragam sekolah. Pembacaan dalam kilogram. Skala: rasio
3. Tinggi badan: adalah pengukuran dari lantai sampai puncak kepala pada posisi tegak sempurna diukur dengan *microtoise* yang sudah distandarisasi dengan ketelitian 0,1 cm. Pengukuran dilakukan dalam posisi tegak, muka menghadap ke depan, tanpa alas kaki. Skala: rasio.

4. Intervensi olahraga di sekolah: aktivitas fisik yang terencana, terstruktur, berulang, dan memiliki tujuan dalam rangka memperbaiki atau menjaga kebugaran fisik secara obyektif yang dikerjakan di sekolah. Lama program olahraga ini adalah 12 minggu. Program olahraga dilakukan dengan frekuensi 3 kali seminggu dan durasi 40 menit setiap pertemuan. Olahraga yang dilakukan adalah olahraga dengan intensitas bervariasi antara sedang sampai *vigorous* setiap pertemuan. Diukur dengan nilai METs (Metabolic equivalen) dan disesuaikan dalam satuan kkal/sesi. Skala: rasio

Jadwal program olahraga yang dilakukan adalah:

Tabel 6. Jadwal Intervensi Olahraga Selama 12 Minggu

Minggu	Program Olahraga	MET's	Kkal/kg/jam	Kkal/sesi
1	Lari 10 menit	6,0	5,9	67,319
2	Lari 10 menit	6,0	5,9	67,319
3	Lari 20 menit	7,0	6,9	207,09
	Lempar tangkap bola 10 menit	8,0	7,8	
4	Lari 20 menit	7,0	6,9	207,09
	Lempar tangkap bola 10 menit	8,0	7,8	
5	Lari 20 menit	7,0	6,9	220,78
	Senam 10 menit	6,0	5,9	
6	Lari 20 menit	7,0	6,9	195,11
	Badminton 15 menit	4,5	4,5	
7	Lari 20 menit	7,0	6,9	207,09
	Lari A B C 10 menit	8,0	7,8	
8	Lari 20 menit	7,0	6,9	207,09
	Lari A B C 10 menit	8,0	7,8	
9	Lari 20 menit	7,0	6,9	195,11
	Latihan fisik 15 menit	4,5	4,5	
10	Lari 20 menit	7,0	6,9	195,11
	Latihan fisik 15 menit	4,5	4,5	
11	Lari 20 menit	7,0	6,9	207,09
	Lari cepat 10 menit	8,0	7,8	
12	Lari 20 menit	7,0	6,9	207,09
	Lari cepat 10 menit	8,0	7,8	

5. Status gizi obesitas: menggunakan kriteria IMT. Yaitu berat badan dalam kilogram dibagi tinggi badan kuadrat dalam meter. Sample termasuk dalam kriteria obesitas apabila $IMT \geq$ persentil-95; normal apabila antara \geq persentil-5 dan \leq persentil-85 sesuai grafik IMT berdasarkan CDC 2000.
Skala: ordinal
6. Kesegaran kardiorespirasi: pengukuran dilakukan dengan menggunakan *multistage fitness shuttle run test* Penilaian menggunakan tingkatan tes yang dapat dicapai oleh setiap subyek, mulai dari tingkatan terendah yaitu 1.1 sampai tertinggi yaitu 21.16 (formulir catatan hasil *multistage fitness shuttle run test*) Hasil tes ini akan dikonversikan dalam VO_2 maks dengan menggunakan kalkulator VO_2 maks (*multistage fitness shuttle run test*),^{liv} yang merupakan perkiraan konsumsi oksigen maksimum yang dapat dicapai oleh peserta tes. VO_2 maks diukur dengan satuan ml/kgBB/menit.
Skala: rasio
7. Program pembatasan asupan makanan: program yang akan dijalankan adalah edukasi dan informasi asupan makan seimbang dengan kalori 1700 kkal/hari. Dengan jumlah kalori 1700 kkal/hari, anak akan makan 3 kali sehari, sedikit jajanan yang dianjurkan berupa buah. Skala: rasio.
8. Aktivitas fisik harian: adalah aktivitas fisik yang biasa dilakukan sehari-hari oleh subyek termasuk olahraga. Aktivitas fisik dinilai menggunakan kuesioner aktivitas fisik (APAQ) yang dikategorikan berdasarkan nilai METs (metabolic equivalen), yang merupakan rasio laju metabolik saat

kerja terhadap laju metabolik saat istirahat. Kategori aktivitas fisik dibagi menjadi aktif dan tidak aktif. Skala: nominal.

4.8. ETIKA PENELITIAN

1. Ijin disetujui oleh Ketua Bagian Ilmu Kesehatan Anak dan Komite Etik Fakultas Kedokteran Universitas Dioponegoro/RSUP Dr. Kariadi Semarang.
2. Setiap anak yang diberi intervensi dimintakan persetujuan dari orangtua atau wali murid.
3. Kepentingan anak tetap diutamakan.

BAB 5

HASIL PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada murid-murid kelas II SMP PL Domenico Savio Semarang. Dari 404 siswa kelas II, didapatkan 78 anak (18,3%) masuk dalam kategori obese, yang terdiri atas 48 siswa laki-laki (11,9%) dan 26 siswa perempuan (6,4%), dan 22 siswa bersedia mengikuti program penelitian. Setiap subyek penelitian diberikan *informed consent* dan dimintakan ijin penelitian kepada pimpinan sekolah dan orangtua/wali murid.

5.1 Karakteristik umum subyek

Keseluruhan subyek yang mendapatkan intervensi sampai akhir program berjumlah 20 orang, terdiri dari 16 (80%) anak laki-laki dan 4 (20%) anak perempuan, dengan rerata umur 13,6 (SB 0,4) tahun dengan umur minimal 12,4 tahun dan maksimal 14,1 tahun. Rerata umur laki-laki dan perempuan adalah 13,63 (SB 0,3) tahun dan 13,29 (SB 0,54) tahun.

Berdasarkan ras, subyek berasal dari suku Jawa (45%), Tionghoa (40%), dan Bali (15%).

Rerata berat badan subyek adalah 68,46 (SB 10,69) kg dengan berat badan minimal 53,2 kg dan maksimal 90,2 kg. Rerata berat badan subyek laki-laki dan perempuan adalah 70,25 (SB 11,13) kg dan 61,3 (SB 4,41) kg.

Rerata tinggi badan subyek sebelum intervensi adalah 157,93 cm (SB 6,69) cm

dengan tinggi badan minimum 148,2 dan maksimum 172 cm. Rerata tinggi badan subyek laki-laki dan perempuan adalah 159,52 (SB 6,22) cm dan 151,53 (SB 4,65) cm.

Rerata IMT subyek adalah 27,36 (SB 2,095) kg/m^2 dengan IMT minimum 22,47 kg/m^2 dan maksimum 35,32 kg/m^2 . rerata IMT subyek laki-laki dan perempuan adalah 27,52 (SB 3,47) kg/m^2 dan 26,72 (SB 1,95) kg/m^2 .

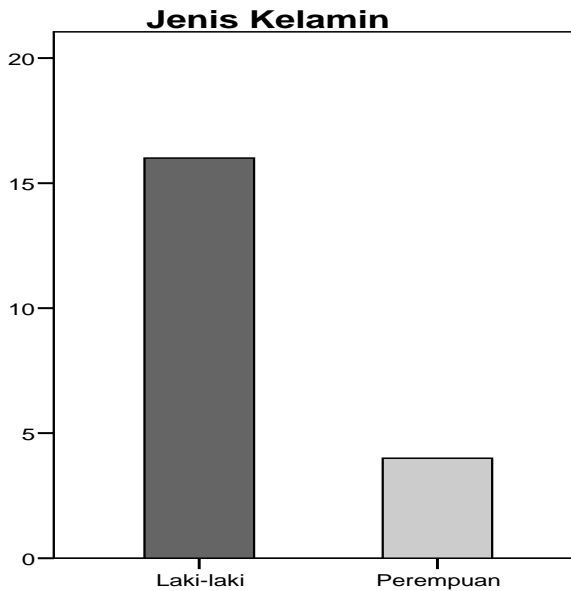
Rerata prediksi VO_2 maks berdasarkan hasil *multistage fitness shuttle run test* adalah 25,6 (SB 3,3) ml/kg/menit dengan nilai VO_2 maks minimum 20,0 ml/kg/menit dan maksimum 32,9 ml/kg/menit. Rerata VO_2 maks subyek laki-laki adalah 25,8 (SB 3,4) ml/kg/menit, sedangkan pada subyek perempuan adalah 24,75 (SB 2,7) ml/kg/menit.

Rerata asupan kalori subyek sebelum intervensi adalah 2455,55 (SB 417,88) kkal/hari dengan asupan kalori minimum 1734 kkal/hari dan maksimum 3296 kkal/hari. Rerata asupan kalori pada laki-laki adalah 2479,5 (SB 398,9) kkal/hari dan 2359,75 (SB 543,1) kkal/hari.

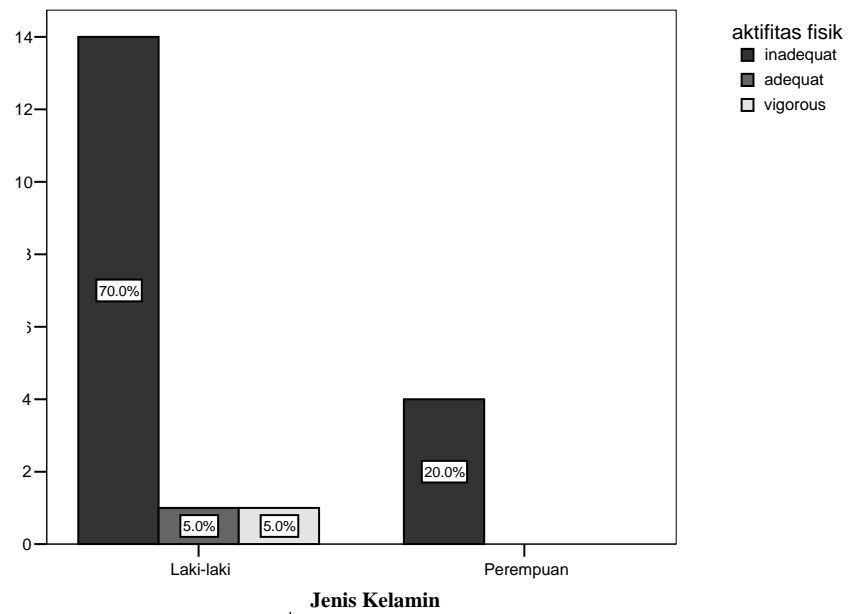
Tingkat aktivitas fisik harian subyek sebagian besar termasuk dalam kategori tidak aktif (90%), sebagian lain termasuk dalam kategori adekuat (5%) dan *vigorous* (5%).

Tabel 7 . Karakteristik awal subyek penelitian

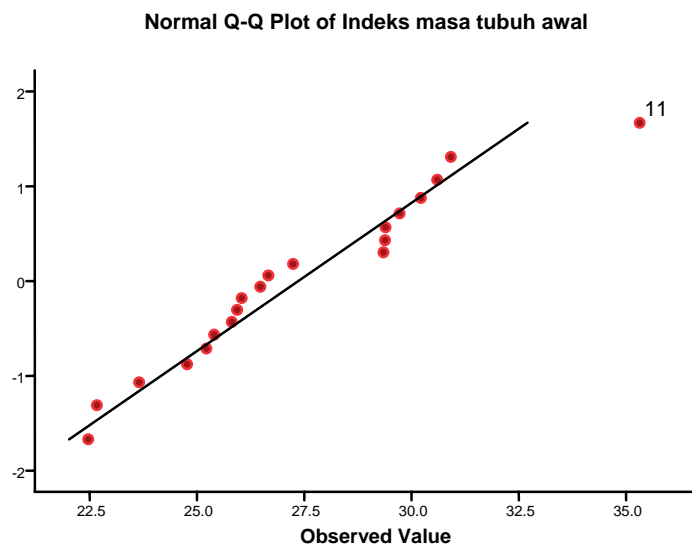
Karakteristik Subyek	Total subyek (n=20)		Subyek Laki-laki (n=16)		Subyek Perempuan (n=4)	
	Rerata	SB	Rerata	SB	Rerata	SB
Umur (th)	13,6	0,4	13,63	0,31	13,29	0,55
Tinggi badan (cm)	157,93	6,69	159,53	6,22	151,53	4,65
Berat badan (kg)	68,46	10,69	70,25	11,13	61,3	4,41
IMT (kg/m ²)	27,36	2,09	27,52	3,48	26,72	1,95
VO ₂ maks (ml/kg/menit)	25,6	3,3	25,8	3,39	24,75	2,70
Asupan (kkal/hari)	2455,55	417,88	2479,5	398,92	2359,75	543,11



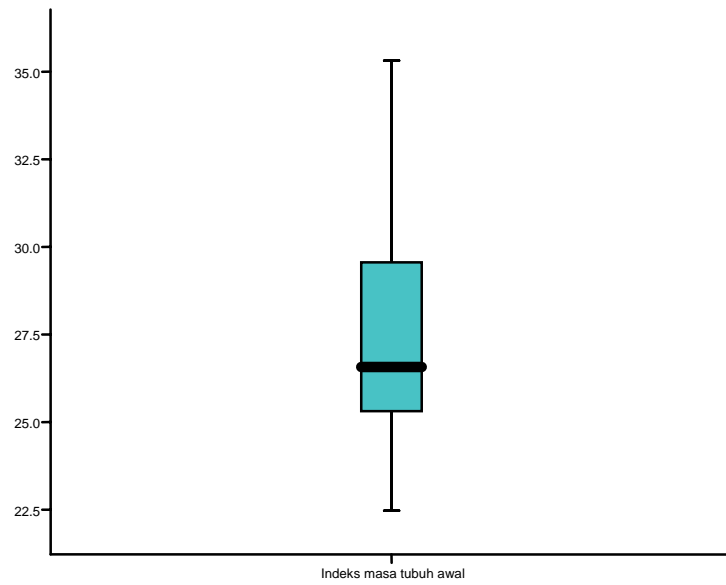
Gambar 3. Distribusi subyek berdasarkan jenis Kelamin



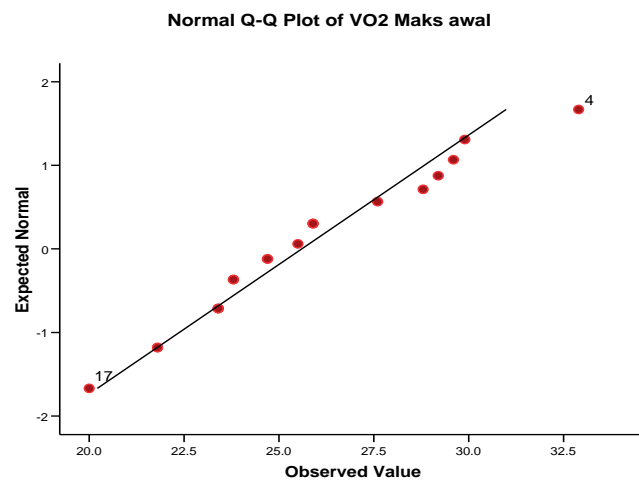
Gambar 4. Distribusi subyek berdasarkan aktivitas fisik



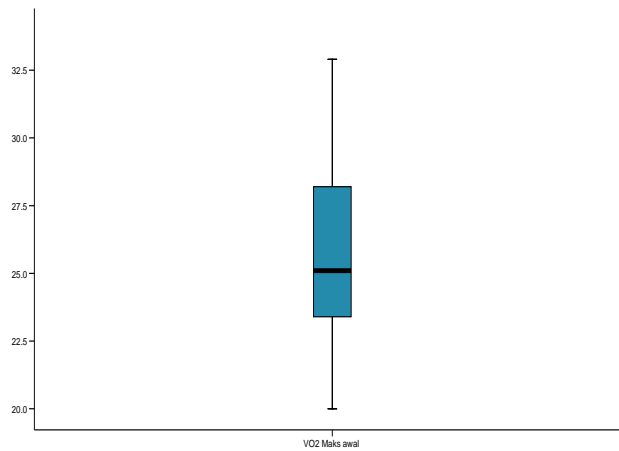
Gambar 5. Distribusi Q-Q plot sebaran subyek berdasarkan IMT



Gambar 6. Distribusi box plot sebaran subyek berdasarkan IMT



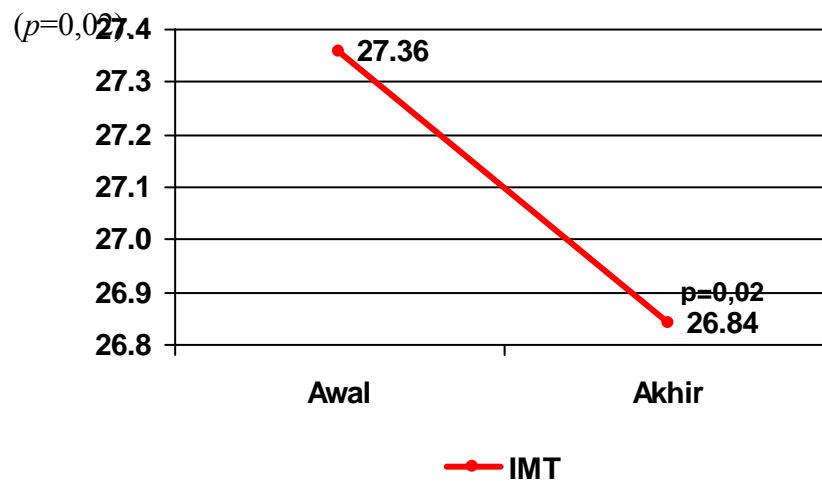
Gambar 7. Distribusi Q-Q plot sebaran subyek berdasarkan VO2maks



Gambar 8. Distribusi box plot sebaran subyek berdasarkan VO2maks

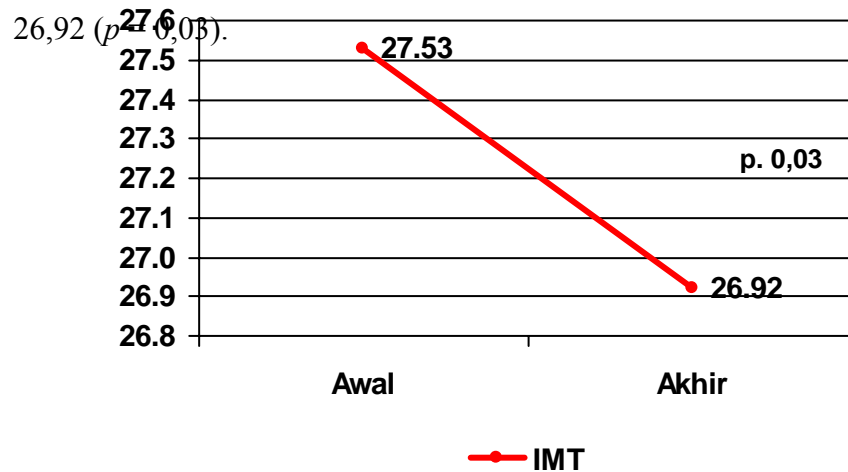
5.2. IMT sebelum dan sesudah intervensi

Terdapat perubahan yang bermakna antara rerata IMT subyek sebelum dan sesudah intervensi, yaitu 27,36 kg/m² turun menjadi 26,84 kg/m²



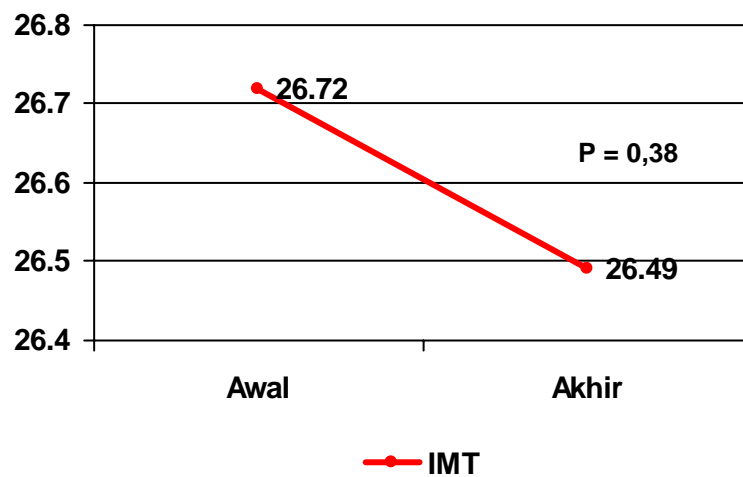
Gambar 9. Perubahan rerataIMT subyek

Didapatkan perubahan yang bermakna antara rerata IMT pada subyek laki-laki (16) sebelum dan sesudah intervensi, yaitu 27,53 kg/m² turun menjadi



Gambar 10. Perubahan rerata IMT subyek laki-laki

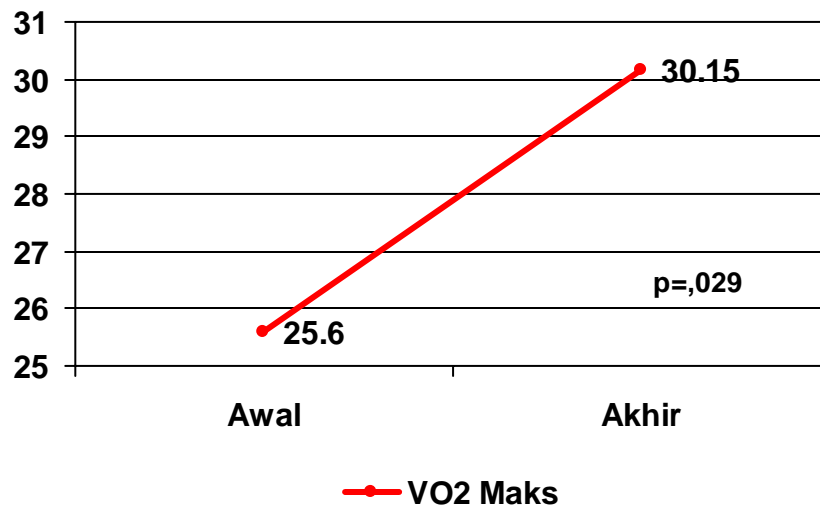
Rerata IMT subyek sebelum dan sesudah intervensi pada subyek perempuan (4) didapatkan perubahan yang tidak bermakna, yaitu 26,72 kg/m² turun menjadi 26,49 kg/m² ($p = 0,38$).



Gambar 11. Perubahan rerata IMT subyek perempuan

5.3. Tingkat kesegaran kardiorespirasi sebelum dan sesudah intervensi

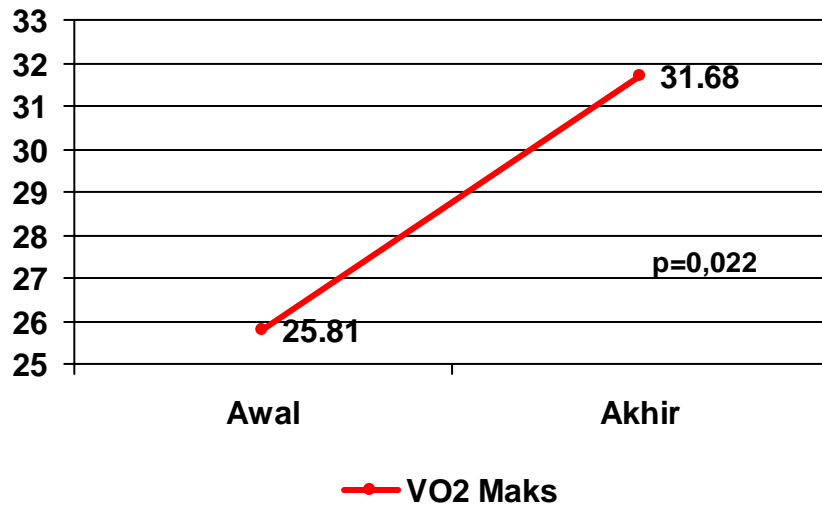
Hasil *multistage fitness shuttle run test* pada subyek menunjukkan semua subyek memiliki tingkat kesegaran kardiorespirasi yang sangat rendah. Hasil rerata nilai VO_2 maks antara sebelum dan sesudah intervensi menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p=0,029$).



Gambar 12. Perubahan rerata nilai VO_2 maks subyek

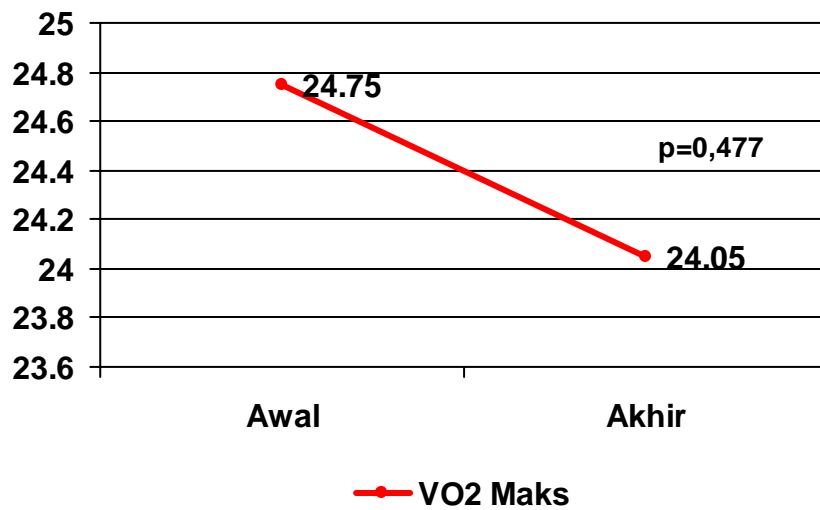
Hasil rerata VO_2 maks total subyek sebelum intervensi adalah 25,6 (SB 3,3) ml/kg/mnt. Rerata VO_2 maks pada bulan III setelah intervensi turun menjadi 30,15 (SB 9,58) ml/kg/mnt.

Didapatkan perubahan bermakna rerata VO_2 maks pada subyek laki-laki sebelum dan setelah intervensi ($p=0,022$) dari 25,81 ml/kg/mnt menjadi 31,68 ml/kg/mnt.



Gambar 13. Perubahan rerata nilai VO₂maks subyek laki-laki

Didapatkan penurunan rerata VO₂maks pada subyek perempuan sebelum dan setelah intervensi (p=0,477) dari 24.75 ml/kg/mnt menjadi 24.05 ml/kg/mnt.



Gambar 14. Perubahan rerata nilai VO₂maks subyek perempuan

5.4. Asupan kalori sebelum dan sesudah edukasi pembatasan asupan kalori simultan dengan intervensi olahraga

Edukasi gizi diberikan secara simultan dengan intervensi olahraga, kepada seluruh subyek penelitian. Ini dilakukan sesuai dengan tatalaksana obesitas pada anak dan merupakan faktor perancu dalam penelitian ini.

Rerata asupan makanan subyek penelitian pada awal penelitian adalah 2455,55 (SB 417,88) kkal/hari. Rerata asupan makanan pasca pembatasan kalori didapatkan penurunan rerata asupan makanan 2163 (SB 401,22) kkal/hari. - Program diet yang dikehendaki dengan 1700 kkal/hari belum dapat dicapai, namun didapatkan perubahan penurunan rerata asupan kalori yang bermakna ($p = 0,008$) antara sebelum dan setelah intervensi.

Dengan demikian terdapat perbaikan yang bermakna pada IMT dan kesegaran jasmani pada subyek sebelum dan sesudah intervensi. Namun intervensi olahraga bukan merupakan satu-satunya faktor yang mempengaruhi perubahan tersebut, karena juga terdapat perubahan asupan kalori yang merupakan faktor perancu.

Berdasarkan analisis regresi multivariat didapatkan bahwa perubahan asupan diet merupakan prediktor yang lebih berpengaruh terhadap perubahan IMT (0,740 kkal/hari; $p=0,00$), dibandingkan beban olahraga (0,238 kkal/minggu; $p=0,176$) setelah intervensi 12 minggu.

$$y = -1,474 + 0,74 x_1 + 0,238 x_2$$

y: perubahan IMT sebelum dan setelah intervensi dalam kg/m^2

x_1 : total rerata perubahan asupan diet sebelum dan setelah intervensi dalam kkal

x_2 : total rerata beban olahraga setiap minggu dalam kkal

Tabel 11. Perubahan variabel penelitian awal dan akhir intervensi.

Variabel	Awal	Akhir	<i>p</i>	<i>IK</i>
IMT (kg/m^2)	27,36 (2,09)	26,84 (3,42)	0,02*	95%
VO ₂ maks (ml/kg/menit)	25,6 (3,3)	30,15 (9,58)	0,029*	95%
Asupan (kkal/hari)	2455,55 (417,88)	2163 (401,22)	0,008*	95%

* t test berpasangan

BAB 6

PEMBAHASAN

Dari dua puluh dua subyek yang memenuhi kriteria inklusi, 20 subyek dapat mengikuti program sampai akhir. Dua orang subyek drop out sebelum penelitian selesai; satu subyek drop out disebabkan karena menderita *aloplesia acreta* dan satu subyek lain karena jadwal kegiatan yang padat sehingga tidak dapat menyesuaikan dengan program latihan. Semua subyek tergolong dalam kategori remaja dimana masa ini merupakan masa pertumbuhan cepat dan terjadi perubahan dramatis pada komposisi tubuh yang dipengaruhi 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.^{xlix} Hal ini menjadi alasan pemilihan kelompok umur pada penelitian ini.

Pada penelitian ini rerata IMT pada subyek turun secara bermakna ($p=0,02$) setelah dilakukan intervensi. Pada subyek laki-laki, didapatkan rerata IMT yang turun secara bermakna ($p=0,022$), sedangkan pada subyek perempuan, terjadi penurunan IMT yang tidak bermakna secara statistik ($p=0,38$). Perubahan IMT pada subyek perempuan tidak dapat dianalisis dengan baik karena keterbatasan jumlah subyek. Penurunan berat badan pada subyek diduga disebabkan karena berkurangnya persentase massa lemak tubuh dengan jumlah yang bervariasi. Hal ini sesuai dengan meta analisis terhadap 135 penelitian dengan olahraga sebagai

metode untuk penatalaksanaan obesitas. Didapatkan penurunan persen lemak tubuh yang dipantau 1 tahun paska program olahraga, dengan faktor yang diperkirakan sebagai prediktor utama adalah lama durasi (menit) olahraga, angka waktu program olahraga, dan kombinasi jenis olahraga (olahraga aerobik dan ketahanan).^{lv}

Tingkat kesegaran kardiorespirasi subyek sebelum intervensi pada subyek sangat jauh dibawah rerata yang didapatkan berdasarkan penelitian di Kanada terhadap 60 subyek laki-laki dan 62 subyek perempuan (rerata umur 25,3 tahun dan 25,1 tahun, rentang 18-38 tahun) dengan nilai VO_2 maks 54,9 (SB 8,4) ml/kg/mnt pada laki-laki dan 47,4 (SB 6,2) ml/kg/mnt pada perempuan.^{lvi} Tingkat kesegaran jasmani subyek sebelum dan setelah intervensi didapatkan perbedaan yang bermakna (p.0,029) antara *multistage fitness shuttle run test* sebelum dan setelah intervensi.

Peningkatan tingkat kesegaran kardiovaskuler disebabkan karena adaptasi jantung dan paru terhadap olahraga. Pada sistem kardiovaskular terjadi peningkatan curah jantung yang bertujuan untuk mempertahankan otot-otot rangka yang sedang bekerja sehingga terjadi peningkatan aliran darah untuk memenuhi kebutuhan oksigen dan zat gizi sel-sel otot serta membawa karbon monoksida dan sisa metabolisme ke tempat permbuangan.^{lvii} Kenaikan curah jantung diperkirakan karena 1) rangsang simpatis yang meningkatkan denyut jantung dan kekuatan kontraksi otot jantung, dan berkurangnya rangsang parasimpatis ke jantung; 2) vasodilatasi vaskular pada otot-otot rangka; 3)

aktivasi pernapasan yang meningkatkan aliran balik vena dan vasodilatasi perifer sehingga meningkatkan isi sekuncup. Adaptasi pada sistem respirasi, terjadi peningkatan aliran darah melalui kapiler paru (peningkatan perfusi paru), peningkatan frekuensi dan kedalaman pernapasan (ventilasi) dan peningkatan kecepatan difusi oksigen dari paru menuju darah serta karbondioksida dari darah menuju paru.^{lviii}

Penelitian yang dilakukan di Australia terhadap 19 remaja obes yang diberi intervensi latihan sirkuit dengan melakukan latihan dengan menggunakan ergometer sepeda dan latihan ketahanan selama 8 minggu, dengan frekuensi latihan 3 kali seminggu dan durasi 1 jam yang telah terbukti memperbaiki kapasitas fungsional, ketahanan otot, dan komposisi tubuh, serta lebih jauh, dapat memperbaiki profil lemak darah.^{lvii} Penelitian lain juga melaporkan hasil serupa dimana tingkat kebugaran kardiovaskular pada remaja obese meningkat secara signifikan dengan latihan fisik. Pada penelitian ini juga dilaporkan latihan juga mengurangi kadar lemak visceral dan total lemak tubuh, namun belum jelas mengenai efek intensitas latihan fisik tersebut.²⁵

Peningkatan tingkat kebugaran kardiorespirasi terjadi pada subyek laki laki secara bermakna ($p=0,029$), namun hasil yang berlawanan ditunjukkan pada subyek perempuan dimana didapatkan penurunan tingkat kebugaran kardiorespirasi secara tidak bermakna ($p=0.477$). Hal ini mungkin disebabkan karena pada pengamatan selama intervensi pada subyek perempuan yang jumlahnya terbatas, kurangnya motivasi pada subyek perempuan dan perasaan enggan untuk berlatih

apabila teman mereka belum hadir sehingga program olahraga tidak dapat efektif dilakukan.

Edukasi gizi dan informasi diet yang dilakukan secara simultan dengan intervensi olahraga pada subyek berhasil mengubah pola makan subyek, terbukti dengan adanya penurunan bermakna asupan kalori ($p=0,008$). Ini merupakan faktor perancu yang mempengaruhi hasil dalam penelitian ini. Tujuan penurunan 1700 kkal/ hari tidak dapat terpenuhi karena peneliti tidak dapat mengawasi dan memberikan intervensi secara penuh seperti yang dilakukan pada subyek yang dikarantian. Subyek tetap menentukan diet yang akan dikonsumsi selama di rumah dan ditentukan pula oleh pola makan keluarga.

Berdasarkan analisis regresi multivariat didapatkan bahwa pengaruh perubahan asupan kalori lebih besar dibandingkan pengaruh intervensi olahraga terhadap perubahan IMT. Hasil ini sesuai dengan penelitian terhadap 6149 anak perempuan dan 4620 anak laki-laki antara usia 9 sampai 14 tahun di Amerika bahwa peningkatan asupan kalori antara tahun 1996 sampai 1997 merupakan prediktor terbesar dalam perbaikan IMT, dibandingkan dengan waktu menonton TV/permainan/video, dan kurangnya aktivitas fisik.¹⁷

Sedikitnya didapatkan lima penelitian menyebutkan bahwa perbandingan antara program pembatasan asupan diet dengan pembatasan asupan diet dengan olahraga menunjukkan perubahan yang lebih baik pada berat badan dan tingkat kebugaran pada kelompok olahraga dengan pembatasan asupan diet. Intervensi

selama 4 bulan dengan olahraga 250 kkal per sesi dengan asupan rendah kalori menunjukkan perubahan IMT yang lebih besar dibandingkan dengan intervensi dengan hanya asupan rendah kalori.^{lix}

Permasalahan yang dihadapi saat melaksanakan program olahraga sekolah dan edukasi dietetik adalah: 1) Faktor cuaca (hujan) yang mempersulit penyediaan lapangan untuk olahraga. Hal ini berakibat program olahraga dilakukan di dalam ruangan yang tidak cukup luas untuk kegiatan olahraga; 2) Faktor Kurikulum sekolah berupa ujian yang mengakibatkan hampir semua subyek enggan untuk melaksanakan program sesuai jadwal karena harus belajar mempersiapkan ujian. Hal ini mengakibatkan peneliti harus memberikan jadwal olahraga ulang untuk subyek tersebut; 3) Faktor libur nasional dan pasca ulangan mengakibatkan sebagian subyek tidak hadir dalam program olahraga karena pergi bersama orangtua, atau tidak ada kendaraan jemputan yang mengantar ke sekolah. Hal ini mengakibatkan peneliti harus menghubungi setiap subyek untuk mengikuti program olahraga di rumah dan meminta subyek untuk mengganti absensi pada program selanjutnya.

Keterbatasan penelitian ini adalah 1) Kurangnya jumlah subyek perempuan pada saat intervensi mengakibatkan analisis terhadap hasil intervensi tidak dapat optimal. 2) Banyaknya siswa obes yang tidak bersedia mengikuti penelitian yang disebabkan karena jadwal sekolah yang padat dan rasa malu untuk mengikuti olahraga. Dari 78 siswa yang memenuhi kriteria obese berdasarkan CDC, hanya 20 siswa (32,2%) yang setuju mengikuti program intervensi.

BAB 7

SIMPULAN DAN SARAN

7.1 SIMPULAN

- 7.1.1. Tingkat kebugaran kardiorespirasi pada remaja obesitas di SMP PL Domenico Savio Semarang sangat rendah.
- 7.1.2. Olahraga dengan intensitas sedang sampai *vigorous* dengan frekuensi 3 kali seminggu dan durasi 40 menit/sesi selama 12 minggu meningkatkan kebugaran kardiorespirasi remaja obesitas di SMP PL Domenico Savio Semarang secara bermakna.
- 7.1.3. Olahraga dengan intensitas sedang sampai *vigorous* dengan frekuensi 3 kali seminggu dan durasi 40 menit/sesi selama 12 minggu menurunkan IMT remaja obesitas di SMP PL Domenico Savio Semarang secara bermakna.

7.2 SARAN

- 7.2.1. Untuk menjaga kebugaran dan berat badan, dibutuhkan latihan olahraga yang teratur, dengan pembatasan asupan diet untuk mendapatkan hasil yang optimal.
- 7.2.2. Penderita dan seluruh keluarga perlu diberi pengertian bahwa diet dan olahraga tidak selesai pada saat turunnya berat badan dapat dicapai, namun pembatasan kalori harus tetap dilakukan dan menjadi kebiasaan sehari-hari.

7.2.3. Program olahraga dan pengaturan diet anak obes diupayakan agar dapat secara khusus dimasukkan dalam program kesehatan sekolah sebagai bagian dari upaya kesehatan sekolah, dibawah pengawasan dokter.

DAFTAR PUSTAKA

-
- ⁱ Weaver KA, Piatek A. Childhood obesity. In: Samour PQ, Helm KK, Lang CE, editors. Handbook of Pediatric Nutrition. 2nd ed. Gaithersburg: Aspen Publisher, Inc; 1999. p 173-89
- ⁱⁱ Hassink S. Problems in childhood obesity. In Primary care; clinics in office practice. WB saunders company. 2003; 30(2). 254-63
Available in URL: </das/journal/view/32121121-2/N/13495902?source=MI>
- ⁱⁱⁱ Story M, Evans M, Fabsitz R R, Clay T E, Rock B H, Broussard B. The epidemic of obesity in american indian communities and the need for childhood obesity-prevention programs. Am J Clin Nutr. 1999; 69: 747-54.
- ^{iv} The National Institute Of Child Health And Human Development Study Of Early Child Care And Youth Development Network. Frequency and intensity of activity of third grade children in physical examination. Arch Pediatr Adolesc Med. 2003; 157: 185-90
- ⁵ Haude B, Lafay L, Borys J.M, Tibult N, Lommez A, Rommon M, Ducimetiere P, Charles MA. Childhood Obesity: Prevalence. PubMed. 2000.
Available in URL: <http://www.epi.umn.edu/let/prevalnc.html>
- ⁶ Sjarif D. Obesitas pada anak dan permasalahannya. dalam: Prihono P, Purnamawati S, Sjarif D, Hegar B, Gunardi H, Oswari H,dkk, penyunting. Hot topics in pediatrics II. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia RS.Dr.Ciptomangunkusumo; 2002. 219-34.
- ⁷ Faizah Z. Faktor risiko obesitas pada murid sekolah dasar usia 6-7 tahun di Semarang (Laporan penelitian). Semarang: Universitas Diponegoro; 2004.
- ⁸ Setiyorini N. Besar risiko aktivitas fisik rendah terhadap kejadian obesitas pada murid sekolah dasar (Artikel penelitian). Semarang : Universitas Diponegoro; 2004.

-
- ⁹ Ganley T, Sherman C. Exercise and children's health. A little counseling can pay lasting dividends. *The Physician and Sportsmedicine*. 2000; 28(2). Available in URL: http://www.physsportsmed.com/issues/2000/02_00/ganley.htm
- ¹⁰ DiNubile NA. Youth Fitness: problems and Solution. *Prev Med* 1993;22(4): 589-94.
- ¹¹ Sukmaningtyas H, Pudjonarko D, Basjar E. Pengaruh latihan aerobik dan anaerobik terhadap sistem kardiovaskuler dan kecepatan reaksi. *Media Medika Indonesiana*. 2004; 39(2). 74-9.
- ¹² Ferguson MA, Guttin B, Owen S, Barbeau P, Tracy R.P, Litaker M. Effect of Physical training and its cessation on hemostatic system of obese children. *Am. J Clin Nutr*. 1999; 69: 1130-4
- ¹³ Gutin B, Owen S, Slaven G, Riggs S, Sharon BS, Treiber F. Effect of physical training on Heart-period variability in obese children. *J Pediatr*. 1997; 130(6).938-43.
- ¹⁴ Koutedakis Y, Bouziotas C. National physical education curriculum: motor and cardiovascular health related fitness in Greek adolescents. *Br. J Sports med*. 2003;37: 311-4.
- ¹⁵ Becque, M. D., V. L. Katch, A. P. Rocchini, C. R. Marks, and C. Moorehead. Coronary risk incidence of obese adolescents: Reduction by exercise plus diet intervention. *Pediatrics*. 1988; 81:605-612.
- ¹⁶ Epstein, L. H., R. R. Wing, R. Koeske, and A. Valoski. A comparison of lifestyle exercise, aerobic exercise and calisthenics on weight loss in obese children. *Behav. Ther*. 1985;16:345-56.
- ¹⁷ Berkey CS, Rockett HR, Field AE, Gillman MW, Frazier AL, Camargo CA, Graham Arab Colditz GA. Activity, dietary intake, and weight changes in a longitudinal study of preadolescents and adolescents boys and girls. *Pediatrics*. 2000; 105(4): 1-9.

Available in URL: <http://www.pediatrics.org/cgi/content/full/105/4/e56>.

- ¹⁸ Ailhaud G, Beck B, Bougneres PF, Charles MA, Frelut ML, Martinowky M, et al. Synthesis and Recommendations. Childhood Obesity: Screening and Prevention. French Institute of Health and Medical Research (Inserm);2000: 1-37.
- ¹⁹ Rosenbaum M. Obesity in children. Endotext.com. 2002. 1-23.
- ²⁰ Kerbs NF, Baker RD, Greer FR, Heyman MB, Jaksic T, Lifshitz F. Prevention of Pediatric Overweight and Obesity. *Pediatrics*. 2003; 112(2). 424-27.
- ²¹ Frediks AM, Buuren SV, Wit JM, Verloove-Vanhorick SP. Body Index Measurements in 1996-7 Compared with 1980. *Arch dis child*. 2000; 82. 107-12.
- ²² Kiess W, Reich A, Muller G, Meyer K, Galler A, Bennek J, et al. Clinical aspects of obesity in childhood and adolescence-diagnosis, treatment, and prevention. *International Journal of Obesity*. 2001; 25(1): 575-79.
- ²³ Warren JM, Henry CJ, Lightowler HJ, Bradshaw SM, Perwaiz S. Evaluation of a pilot programme aimed at the prevention of obesity in children. *Health promotion international*. 2003; 18: 287-95.
- ²⁴ Overweight and Obesity Factors Contributing to Obesity. National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. CDC. Nutrition and Physical Activity. United States. 2002.
- ²⁵ Gutin B, Barbeau P, Owens S, Lemmon CR, Bauman M, Allison J, et al. Effects of exercise intensity on cardiovascular fitness, total body composition, and visceral adiposity of obese adolescents. *Am J Clin Nutr*. 2002; 75: 818-26
- ²⁶ Mihardja L. Sistem energi dan zat gizi yang diperlukan pada olahraga aerobik dan anaerobik. *Gizi Medik Indonesia*. 2004; 3. 9-13
- ²⁷ Battinelli T. *Physique, fitness, and performance*. Florida: CRC Press; 2000.
- ²⁸ Muryono S. *Anatomi fungsional sistem lokomosi (pengantar kinesiologi)*. Semarang : Bagian Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro;

2001.

- ²⁹ Thompson PD, Buchner D, Pina IL, Balady GJ, Williams MA, Marcuss BH, et al. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease a statement from the council on clinical cardiology (subcommittee on exercise, rehabilitation, and prevention) and the council on nutrition, physical activity, and metabolism (subcommittee on physical activity). AHA Scientific Statement. *Circulation*. 2003;107: 3109-116. available at <http://www.circulationaha.org>
- ³⁰ Montoye HJ. Energy costs of exercise and sport. *nutrition in sport*. Vol. VII. Ronald J. Maughan. Blackwell science. Oxford; 2000.p 53-9.
- ³¹ Kurpad AV, Swaminathan S, Bhat S. IAP national task force for childhood prevention of adult disease: the effect of physical activity on prevention of adult disease. *Indian Pediatrics* 2004; 41: 37-62.
- ³² McMurray R, Harrell J S, et al. The Influence of Physical activity, Socioeconomic status, and ethnicity on Weight status of Adolescents. *Obesity research*. 2000; 8: 130-9.
- ³³ Bradney M, Pearce G, Naughton G. Moderate exercise during growth in prepubertal boys: changes in bone mass, size, volumetric density and bone strength: a controlled prospective study. *J Bone Miner Res* 1998; 13(12):1814-21.
- ³⁴ Bass G, Pearce G, Bradney M. Exercise before puberty may confer residual benefits in bone density in adulthood: studies in active prepubertal and retired female gymnasts. *J Bone Miner Res* 1998; 13(3): 500-7.
- ³⁵ Tolfrey K, Campbell IG, Batterham AM. Exercise training induced alterations in prepubertal children's lipid-lipoprotein profile. *Med Sci Sport Exerc* 1998; 30(12): 1684-92.
- ³⁶ Brown JD, Lawton M. Stress and well-being in adolescence: the moderating role of physical exercise. *J Hum stress* 1986; 12(3):125-131.

-
- ³⁷ Colan SD. Exercise. In: Fyler DC editor. Nadas' pediatrics cardiology. Hanley & Belfus, Inc. Philadelphia:1992. p 187-91.
- ³⁸ Bernstein D. Exercise assesment of transgenic models of human cardiovascular disease. *Physiol Genomics*. 2003; 13: 217-26.
- ^{xxxix} Braden D.S, Carroll J F. Normative cardiovascular respons to exercise in children. *Pediatr Cardiol*. 1999; 20: 4-10.
- ^{xi} Nieman D. The exercise test as a component of the total fitness evaluation. *Primary care clinics in office practice*. 2001; 28:1-13
- ^{xli} Amisola R, Jacobson M. Physical activity, exercise and sedentary activity: relationship to the causes and treatment of obesity. *Adolescent Medicine* 2003;14: 23-35.
- ^{xlii} Nieman D. The exercise test as a component of the total fitness evaluation. *Primary Care Clinics in Office Practice*. 2001; 28 : 1-13.
- ^{xliii} Freedson P, Bunker L. Physical activity and sport in the lives of girls physical and mental health dimensions from an interdisciplinary approach. Washington DC: Tucker center; 1997
- ^{xliv} Hargreaves M. Exercise physiology and metabolism. Dalam: Deakin" L, penyunting. *Clinical sport nutrition*. Sydney: McGraw-Hill; 1994: 1-15
- ^{xlv} Gabbard C, Le Blanc E, Lowy S. Physical educaton fr children. New Jersey: Prentice-Hall Inc; 1987
- ^{xlvi} Heyward Y, Stolarczyk L. Applied body composition assesment. USA: Human kinetics; 1996.
- ^{xlvii} Johnson B, Nelson J. Practical measurements for evaluation in physical education. Edisi ke-4. New York: Macmillan Publishing Company; 1986.
- ^{xlviii} Neumann G. Special performance capacity. In : Dirix A, Knuttgen G, Tittel K, editors. *The Olympic book of sport medicine*. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1988: 97-108
- ^{xliv} Meredith C. Exercise and fitness. In: Rickell V, editor. *Adolescent nutrition*

assesment and management. New York: Chapman & Hall, 1996: 25-41.

- ⁱ DK Ng CK Kwok. Exercise Test in Children. J R Coll Physicians Edinb. 2003; 33: 175-80.
- ⁱⁱ Pusat Kesegaran Jasmani dan Rekreasi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Penilaian kesegaranjasmani dengan tes A.C.S.P.F.T untuk siswa SLTP dan remaja berusia setingkat SLTP. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan; 1977
- ⁱⁱⁱ The National Coaching Foundation. Multistage Fitness Test. A Progressive Shuttle-run Test for The Prediction of Maximum Oxygen Uptake. Australia
- ⁱⁱⁱⁱ Deforche B, Bourdeaudhuij I.D, Debode P, Vinaimont F,Hills A.P, Vertraete S, Bouckaert J. Changes in fat mass, fat free mass and aerobic fitness in severely obese children and adolescents following arab residential treatment programme. Eur J Pediatr. 2003; 162: 616-22
- ^{lv} Bonarreti J. 20m shuttle run test (beep test) VO₂ Max calculator. 2005. Available in URL: <http://www.aminoz.com.au/shuttle-test-beep-test-calculator-calc>.
- ^{lv} Maziekas MT, LeMura LM, Stoddard NM, Kaercher S, Martucci T. Follow up exercise studies in paediatric obesity: implication for long term effectiveness. Br J Sports Med 2003;37:425–429.
- ^{lvi} Stickland MK, Petersen SR, Bouffard M. Prediction of maximal aerobic power prom 20m multi-stage shuttle-run test. Can. J. Appl. Physiol. 2003; 28(2): 272-82.
- ^{lvii} Watts K, Beye P, Siafarikas A, Davis EA, Jones TW, Driscoll GO, et all. Exercise training normalizes vascular dysfunction and improves central adiposity in obese adolescents. JACC 2004; 43(10); 1823-7
- ^{lviii} Masud I. Fisiologi jantung. Dalam: Dasar-dasar fisiologi kardiovaskular. Ed.2. EGC. Jakarta 1996: 25-29.

^{lix} Reybrouck, T, J. Vinckx, G. Van Den Berghe, and M. Vanderschueren-Lodeweyckx. Exercise therapy and hypocaloric diet in the treatment of obese children and adolescents. *Acta Paediatr. Scand.* 1990; 79:84-9.