

**HUBUNGAN INDEKS MASSA TUBUH DENGAN VO_2MAX
MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS LAMPUNG
ANGKATAN 2022**

Skripsi

Oleh

Salma Khairunnisa

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA KEDOKTERAN**



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul : **HUBUNGAN INDEKS MASSA TUBUH
DENGAN VO_2MAX MAHASISWA
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS
LAMPUNG ANGGARAN 2022**

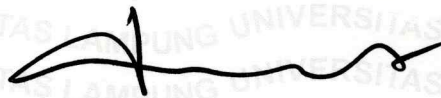
Nama Mahasiswa : **Salma Khairunnisa**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1918011027**

Program Studi : **Pendidikan Dokter**

Fakultas : **Kedokteran**

MENYETUJUI
Komisi Pembimbing

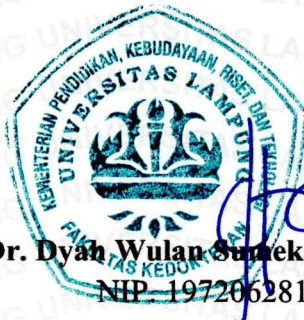


dr. Dewi Nur Fiana, Sp.KFR., AIFO-K
NIP. 198302212010122002



dr. Helmi Ismunandar, Sp.OT.
NIP. 198212112009121004

Dekan Fakultas Kedokteran



Prof. Dr. Dyah Wulan Sutekar R. W., S.K.M., M.Kes.
NIP. 197206281997022001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **dr. Dewi Nur Fiana, Sp.KFR.,
AIFO-K**



Sekretaris

: **dr. Helmi Ismunandar, Sp.OT.**

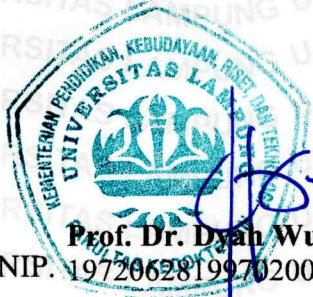


Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. dr. Khairun Nisa Berawi, M.Kes.,
AIFO-K**



2. Dekan Fakultas Kedokteran



Prof. Dr. Dyan Wulan Sumekar RW, S.K.M., M.Kes

NIP. 19720628199702001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 18 Januari 2023

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi dengan judul “**Hubungan Indeks Massa Tubuh dengan VO_{2max} Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung Angkatan 2022**” adalah asli dan benar-benar hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain dengan mengatasnamakan saya serta bukan hasil penjiplakan atau peniruam (plagiarisme) dari hasil karya orang lain;
2. Di dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan dalam daftar pustaka;
3. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung;

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

Bandar Lampung; 26 Januari 2023

Yang Membuat Pernyataan,



Salma Khairunnisa
NPM 1918011027

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Metro pada 30 November 2001 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari Bapak Indra Gunawan, S.E. dan Ibu Sri Puspitasari, S.Tr.Keb. Penulis menyelesaikan Taman Kanak-Kanak di TK Lestari Metro Utara pada tahun 2008, Sekolah Dasar (SD) di SD Pertiwi Teladan Metro Pusat pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Metro pada tahun 2017, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Metro pada tahun 2019. Selama menjadi pelajar, penulis pernah mengikuti organisasi English Club, Jurnalistik, Pasukan Pengibar Bendera (Paskibra), Pramuka, dan Rohani Islam (Rohis).

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Mahasiswa Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis cukup aktif dalam kegiatan organisasi. Penulis pernah menjadi anggota Centre of Indonesia Medical Student Association (CIMSAs) (2020-2021), anggota divisi Kemuslimahan Forum Studi Islam (FSI) Ibnu Sina (2020-2021), dan anggota divisi Satuan Tugas dan Logistik (Satgaslog) PMPATD Pakis Rescue Team (2021-2022).

SANWACANA

Alhamdulillahirrabbi lalamin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt. atas segala nikmat, hidayah, petunjuk dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi penulis dengan judul “**HUBUNGAN INDEKS MASSA TUBUH DENGAN VO₂MAX MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS LAMPUNG ANGGARAN 2022**” ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak saran, bimbingan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan penghargaan serta rasa terima kasih kepada pihak-pihak berikut.

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Dyah Wulan Sumekar R.W., SKM., M.Kes., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
3. Dr. dr. Khairun Nisa Berawi, M.Kes., AIFO-K, selaku kepala Program Studi S1 Pendidikan Dokter Universitas Lampung;
4. dr. Dewi Nur Fiana, Sp.KFR., AIFO-K, selaku pembimbing pertama atas kesediaan dalam meluangkan waktu serta kesabaran dalam memberikan bimbingan, ilmu, saran, motivasi, dan arahan selama proses pendidikan di Fakultas Kedokteran dan dalam proses penyelesaian skripsi ini;
5. dr. Helmi Ismunandar, Sp.OT., selaku pembimbing kedua atas kesediaan meluangkan waktu serta kesabaran dalam memberikan bimbingan, ilmu, saran, motivasi, dan arahan selama proses pendidikan di Fakultas Kedokteran dan dalam proses penyelesaian skripsi ini;

6. Dr. dr. Khairun Nisa Berawi, M.Kes., AIFO-K, selaku pembahas atas kesediaan dalam meluangkan waktu serta memberikan banyak masukan, kritik, saran, serta arahan dalam proses penyelesaian skripsi ini.
7. Dr. dr. Reni Zuraida, M.Si., selaku pembimbing akademik yang senantiasa memotivasi dan memberikan arahan selama menempuh pendidikan di Fakultas Kedokteran;
8. Seluruh dosen dan staf Fakultas Kedokteran Universitas Lampung atas ilmu, waktu, tenaga, dan bantuan yang diberikan selama proses pendidikan;
9. Seluruh responden, adik-adik mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022, atas kesediaan untuk berpartisipasi dalam penelitian ini;
10. Papa dan Mama, atas doa, perjuangan, waktu, serta motivasi yang selalu diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menghadapi segala proses penyusunan skripsi ini;
11. Adik penulis, Abimanyu dan Antasena, yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis selama menghadapi proses penyusunan skripsi ini;
12. Keluarga penulis selama di Bandar Lampung; Ati (Nenek), Alm. Atung (Kakek), Om Oki, Om Aldi, Tante Ganis, yang selalu memberikan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
13. Sobat “Aw Aw Aw”; Devi Fila Delfia BR Simatupang, Yusnita Eka Rahayu, Faradhifa Karima Ardianti, dan Poppy Monika Sari atas kebersamaan selama menghadapi lika-liku perkuliahan, serta senantiasa menjadi pendengar, memberikan dukungan, dan kebahagiaan kepada penulis. Semoga kita dapat terus mengukir kenangan indah bersama-sama;
14. Keluarga besar SC14 PMPATD Pakis Rescue Team dan Divisi Satuan Tugas dan Logistik yang dalam suka dan duka senantiasa memberikan semangat, kehangatan, canda, dan tawa, serta menjadi wadah bagi penulis untuk berkeluh kesah, mengekspresikan diri, dan menghilangkan sedih dan penat;
15. Kak Nadya Gantarialdha, yang telah memberikan bimbingan dan arahan terkait penyusunan skripsi dan penelitian, serta memberikan semangat dan motivasi kepada penulis;

16. Teman bimbingan skripsi; M. Irfan Zaki Rici, Dewi Patresia Sihombing, Dhipayasa Adirinarso, Yusnita Eka Rahayu, Indika Poloriani Tunang, Hisbul Waton, dan Salsabila Alifiyah, yang telah memberikan dukungan dan bersama-sama berjuang selama proses penyusunan skripsi;
17. Teman seperjuangan; Lutfia Qurotulnguyun, Syafira Alifia, dan Dian Puspita Larasati atas segala bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini;
18. Keluarga besar Nocturn yang telah berjuang bersama penulis sewaktu di bangku sekolah menengah atas (SMA) melewati masa-masa suka dan duka menjadi siswa kelas akselerasi, sama-sama berjuang menempuh proses pendidikan yang hanya dalam waktu 2 tahun demi menggapai cita-cita. Terima kasih atas segala dukungan yang diberikan, semoga kita semua akan sukses di jalan kita masing-masing;
19. Keluarga besar L19AMENTUM L19AND sebagai teman seperjuangan sekaligus keluarga di dalam Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2019 yang telah bersama mengukir kenangan yang tak terlupakan;
20. Seluruh pihak yang telah membantu selama proses perkuliahan dan penyelesaian skripsi yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

ABSTRACT**RELATIONSHIP BETWEEN BODY MASS INDEX AND VO₂MAX OF
BATCH 2022 STUDENTS OF THE FACULTY OF MEDICINE,
UNIVERSITY OF LAMPUNG****By****SALMA KHAIRUNNISA**

Background: VO₂max is the maximum oxygen uptake during exercise. People with good fitness have higher VO₂max values and can perform activities more vigorously than those with poor fitness. Body mass index (BMI) is one of the body composition factors that affect VO₂max. The higher the BMI will result in lower VO₂max. The Balke test is a method of measuring VO₂max. This study aims to determine the relationship between body mass index and VO₂max in batch 2022 students of the Faculty of Medicine, University of Lampung.

Method: This research is a correlative analytic research with a cross sectional approach using primary data which was conducted in November 2022 at the Pahoman Stadium in Bandar Lampung. Sampling uses a total sampling technique with total of 39 samples that meet the inclusion and exclusion criteria. Data is obtained by measuring body mass index (BMI) first, and followed by measuring VO₂max using the Balke test method. Data is processed using the Spearman test.

Results: The result of this study indicates that there is a significant correlation between body mass index and VO₂max of 39 samples of batch 2022 students from the Faculty of Medicine, University of Lampung. The result of the bivariate test shows that the higher the body mass index (BMI), the lower the individual VO₂max value with $p < 0.001$ and a correlation coefficient of -0.812 which means that there is a very strong negative correlation between variables.

Conclusion: There is a relationship between body mass index and VO₂max of batch 2022 students of the Faculty of Medicine, University of Lampung.

Keywords: Balke test, Body mass index, VO₂max

ABSTRAK

HUBUNGAN INDEKS MASSA TUBUH DENGAN VO_2MAX MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS LAMPUNG ANGKATAN 2022

Oleh

SALMA KHAIRUNNISA

Latar Belakang: VO_2max merupakan ambilan oksigen maksimal selama latihan. Orang dengan kebugaran yang baik memiliki nilai VO_2max lebih tinggi dan dapat melakukan aktivitas lebih kuat daripada mereka yang kebugarannya tidak baik. Indeks massa tubuh (IMT) merupakan salah satu faktor komposisi tubuh yang mempengaruhi VO_2max . Semakin tingginya IMT akan berakibat pada semakin rendahnya VO_2max . *Balke test* merupakan salah satu metode pengukuran VO_2max . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan indeks massa tubuh dengan VO_2max mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022.

Metode: Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat analitik korelatif dengan pendekatan *cross sectional* menggunakan data primer yang dilakukan pada bulan November 2022 di Stadion Pahoman Bandar Lampung. Pengambilan sampel menggunakan teknik *total sampling* dengan jumlah 39 sampel yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Data diperoleh dengan pengukuran indeks massa tubuh (IMT) terlebih dahulu, dan dilanjutkan dengan pengukuran VO_2max menggunakan metode *Balke test*. Data diolah menggunakan uji *Spearman*.

Hasil: Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang signifikan antara indeks massa tubuh dengan VO_2max dari 39 sampel mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022. Dari hasil uji bivariat menunjukkan bahwa semakin tinggi indeks massa tubuh (IMT) maka semakin rendah nilai VO_2max individu dengan $p < 0,001$ dan koefisien korelasi sebesar -0,812 yang berarti terdapat hubungan korelasi negatif yang sangat kuat antarvariabel.

Kesimpulan: Terdapat hubungan antara indeks massa tubuh dengan VO_2max mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022.

Kata kunci: *Balke test*, Indeks massa tubuh, VO_2max

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.3.1 Tujuan Umum.....	3
1.3.2 Tujuan Khusus.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	4
1.4.2 Manfaat Praktis.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 VO_2max	6
2.1.1 Definisi.....	6
2.1.2 Faktor yang Memengaruhi VO_2max	6
2.2 Sistem yang Berhubungan dengan VO_2max	10
2.2.1 Kardiovaskular.....	10
2.2.2 Respirasi	11
a. Pertukaran dan Transportasi Gas O_2 dan CO_2	12
2.2.3 Otot	13
a. Sumber Energi Kontraksi Otot	15
2.3 Indeks Massa Tubuh	16
2.3.1 Faktor yang Memengaruhi Indeks Massa Tubuh.....	17

2.4	Hubungan Indeks Massa Tubuh dengan VO_{2max}	20
2.5	Metode Pengukuran VO_{2max}	22
2.5.1	Tes Maksimal	22
a.	<i>Cooper 12-Minutes Test</i>	22
b.	<i>Cooper 1.5-mi (2.4 km) Test</i>	23
c.	<i>Balke Test</i>	23
d.	<i>Rockport One-Mile Fitness Walking Test</i>	23
e.	<i>6-Minutes Walk Test</i>	23
2.5.2	Tes Submaksimal.....	24
a.	<i>Cycle Ergometer Test</i>	24
b.	<i>Treadmill Test</i>	29
c.	<i>Step Tests</i>	30
2.7	Kerangka Teori	36
2.8	Kerangka Konsep.....	37
2.9	Hipotesis Penelitian	37

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Jenis Penelitian.....	38
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	38
3.2.1	Tempat Penelitian.....	38
3.2.2	Waktu Penelitian.....	38
3.3	Populasi dan Sampel Penelitian	38
3.3.1	Populasi Penelitian.....	38
3.3.2	Sampel Penelitian	39
a.	Kriteria Inklusi.....	39
b.	Kriteria Eksklusi	39
3.4	Teknik Pengambilan Sampel.....	39
3.5	Besar Sampel Penelitian	39
3.6	Teknik Pengumpulan Data	40
3.7	Pengolahan dan Analisis Data.....	41
3.7.1	Pengolahan Data.....	41
3.7.2	Analisa Data	41
3.8	Variabel Penelitian.....	42
3.8.1	Variabel Bebas.....	42
3.8.2	Variabel Terikat.....	42

3.9	Definisi Operasional	42
3.10	Instrumen, Teknik Pengambilan Data, dan Alur Penelitian.....	44
3.10.1	Instrumen Penelitian	44
3.10.2	Teknik Pengambilan Data	44
3.10.3	Alur Penelitian.....	45
3.11	Etika Penelitian	45

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Penelitian	46
4.1.1	Karakteristik Subjek Penelitian	46
4.1.2	Analisis Univariat	47
a.	Variabel Indeks Massa Tubuh	47
b.	Variabel VO_{2max}	48
4.1.3	Analisis Bivariat	49
4.2	Pembahasan Penelitian	50
4.3	Keterbatasan Penelitian	53

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1	Simpulan.....	54
5.2	Saran	54
5.2.1	Bagi Masyarakat.....	54
5.2.2	Bagi Pemerintah.....	54
5.2.3	Bagi Peneliti Selanjutnya	54

DAFTAR PUSTAKA	55
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	61
-----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi IMT menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.....	17
2. Faktor Koreksi Berdasarkan Usia	26
3. Klasifikasi VO_2max berdasarkan Usia dan Jenis Kelamin	35
4. Definisi Operasional	42
5. Karakteristik Subjek Penelitian	47
6. Hasil Uji Normalitas Data Indeks Massa Tubuh	47
7. Analisis Univariat Indeks Massa Tubuh	47
8. Persebaran Kategori Indeks Massa Tubuh Responden	48
9. Hasil Uji Normalitas VO_2max	48
10. Analisis Univariat VO_2max	48
11. Persebaran Kategori VO_2max Responden	49
12. Hasil Uji Korelasi Spearman	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Mekanisme pertukaran O ₂ dan CO ₂	13
2. Sumber Energi Kontraksi Otot	16
3. <i>Modified Astrand-Ryhming Normogram</i>	25
4. Respon Denyut Jantung terhadap Tingkat Kerja	28
5. Persamaan yang Umum Digunakan untuk Memperkirakan Detak Jantung Maksimal	29
6. Treadmill Umum dan Protokol Ergometri Siklus Stasioner yang Digunakan dalam Pengujian Latihan Maksimal	30
7. Perhitungan Metabolik untuk Perkiraan Pengeluaran Energi (VO_{2max} [mL·kg· menit ⁻¹]) selama Aktivitas Fisik Umum	33
8. Kerangka Teori	36
9. Kerangka Konsep	37
10. Alur Penelitian	45

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 *Ethical Clearance*
- Lampiran 2 Lembar Penjelasan Sebelum Persetujuan
- Lampiran 3 Lembar *Informed Consent*
- Lampiran 4 Hasil Pengukuran
- Lampiran 5 Hasil Uji Statistik
- Lampiran 6 Sertifikat Kalibrasi Alat
- Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sebagian besar mahasiswa kedokteran memiliki tingkat aktivitas fisik yang rendah akibat kegiatan sedentari yang tinggi. Suatu studi menemukan bahwa mahasiswa Fakultas Kedokteran tahun pertama memiliki kegiatan sedentari yang lebih tinggi dibanding mahasiswa tahun kedua. Hal ini mungkin terjadi karena penyesuaian kebiasaan belajar dan beraktivitas pada mahasiswa tahun pertama yang cenderung menghabiskan sebagian besar waktunya untuk duduk dan belajar atau mengerjakan tugasnya. Selain itu, tingkat stress akibat penyesuaian pada mahasiswa tahun pertama memberikan pengaruh terhadap kebiasaan melakukan kegiatan sedentari. Mahasiswa yang menghabiskan waktunya untuk kegiatan sedentari yang tinggi tersebut memiliki indeks massa tubuh yang tergolong obesitas, sedangkan mahasiswa dengan waktu kegiatan sedentari yang rendah memiliki indeks massa tubuh normal. Hal ini diperkuat dengan ditemukannya sebanyak 30% mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Kristen Indonesia mengalami obesitas dengan tingkat aktivitas fisik yang rendah. Selain itu, pada Fakultas Kedokteran Universitas YARSI ditemukan sebanyak 54,5% mahasiswa kedokteran tahun pertama dengan jenis kelamin laki-laki memiliki indeks massa tubuh dengan kategori obesitas. Tingkat aktivitas fisik yang rendah dan indeks massa tubuh yang tinggi tersebut berakibat pada rendahnya VO_{2max} (Adidharma, 2016; Diani, 2018; Faiq dkk., 2018; Riskawati dkk., 2018; Utami dkk., 2015).

VO_2max merupakan ambilan oksigen maksimal selama latihan. Orang dengan kebugaran yang baik memiliki nilai VO_2max lebih tinggi dan dapat melakukan aktivitas lebih kuat daripada mereka yang kebugarannya tidak baik. VO_2max dibatasi oleh kemampuan dari sistem kardiorespirasi dalam menghantar oksigen menuju otot. VO_2max dapat digunakan sebagai penanda kesehatan saat ini dan prediktor kesehatan masa depan terhadap berbagai faktor risiko penyakit tidak menular. Nilai VO_2max yang rendah menjadi salah satu faktor predisposisi yang penting dalam peningkatan angka kematian dini akibat gangguan kardiovaskular (Alfarisi, 2014; Gantarialdha, 2021b; Kalyanshetti & Veluru, 2017; Nugraha & Berawi, 2017; Saniyyah, 2020; Teresa, 2017; Teresa dkk., 2018; Tomkinson dkk., 2013).

VO_2max dapat dinilai dengan berbagai uji yang mengaktifkan sekelompok otot-otot besar selama uji tersebut memiliki intensitas dan durasi yang memadai untuk menimbulkan transfer energi aerobik yang maksimal. Salah satu metodenya adalah *Balke test*. *Balke test* merupakan salah satu metode pengukuran VO_2max yang pelaksanaannya cukup mudah, memerlukan peralatan yang sederhana, dan dapat digunakan untuk mengukur kebugaran banyak orang sekaligus dengan hasil yang cukup akurat dengan cara berlari sejauh-jauhnya jarak selama 15 menit (Mitchell & Crandall, 2017; Mubarak, 2018).

VO_2max pada dasarnya dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya faktor genetik, latihan fisik, jenis kelamin, usia, berat badan, tinggi badan, komposisi tubuh, tekanan darah, denyut nadi, dan suhu tubuh. Indeks massa tubuh (IMT) merupakan salah satu faktor komposisi tubuh yang mempengaruhi VO_2max . Pengukuran IMT merupakan salah satu pengukuran antropometri untuk mengetahui komposisi tubuh seseorang. Kelebihan metode IMT adalah cepat, mudah, murah, dan tidak invasif (Gantarialdha, 2021b; Novitasari & Setiarini, 2020; Teresa, 2017; Teresa dkk., 2018; Weir & Jan, 2022; World Health Organization, 2010).

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Kalyanshetti dan Veluru (2017) pada subyek para pria sehat berusia 18-22 tahun, menunjukkan bahwa semakin tingginya IMT akan berakibat pada semakin rendahnya VO_2max . Hal ini sejalan

dengan hasil penelitian Irianto (2016) yang juga mendapatkan bahwa semakin tinggi IMT siswa maka semakin rendah kebugaran kardiorespirasinya dengan korelasi yang memiliki kekuatan hubungan sedang ($r = -0,509$) dan signifikan ($p < 0,001$).

Hasil penelitian Adidharma (2016) mendapatkan bahwa responden yang memiliki tingkat kebugaran kardiorespirasi sangat baik cenderung berasal dari kelompok dengan indeks massa tubuh (IMT) normal ($>$ persentil 5 dan $<$ persentil 85) yaitu sebanyak 44 responden (75,9%). Sementara hasil penelitian Jayusfani, Afriwardi, dan Yerizel (2015) mendapatkan persamaan regresi $Y = 70,827 - 1,349X$ yang artinya bahwa setiap penambahan 1 kg/m^2 IMT akan menurunkan volume oksigen maksimal (VO_{2max}) sebesar 1,349 $\text{mlO}_2/\text{kg}/\text{menit}$.

Berdasarkan pemaparan di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai hubungan indeks massa tubuh dengan VO_{2max} mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian: Apakah indeks massa tubuh berhubungan dengan VO_{2max} ?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Mengetahui hubungan indeks massa tubuh dengan VO_{2max} mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui sebaran indeks massa tubuh pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022.
2. Mengetahui sebaran VO_{2max} mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Sebagai referensi bagi pembaca mengenai hubungan indeks massa tubuh VO_2max mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

1.4.2 Manfaat Praktis

1. Bagi Penulis

Sebagai sarana untuk melakukan penelitian dan diharapkan dapat menambah ilmu pengetahuan penulis mengenai hubungan indeks massa tubuh dengan VO_2max .

2. Bagi Mahasiswa

Mengetahui adanya hubungan indeks massa tubuh dengan VO_2max mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung.

3. Bagi Universitas Lampung

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumber kepustakaan yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran.

4. Bagi Masyarakat

Penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk menambah wawasan pembaca mengenai hubungan indeks massa tubuh dengan VO_2max .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *VO₂max*

2.1.1 Definisi

Volume oksigen maksimal (*VO₂max*) adalah kapasitas pengambilan oksigen maksimal selama latihan. Performa pada nilai ini hanya berlangsung paling lama beberapa menit. Nilai ini adalah titik di mana konsumsi oksigen tetap tidak berubah (dataran tinggi) dan tidak meningkat (atau hanya sedikit) bahkan dengan peningkatan intensitas latihan. Volume oksigen maksimum (*VO₂max*) menggambarkan kapasitas aerobik seseorang untuk mensintesis ulang ATP. Latihan tambahan yang melebihi volume oksigen maksimum (*VO₂max*) hanya dicapai melalui proses glikolitik, yang hasil akhirnya adalah asam laktat (Mubarak, 2018; Nugraha & Berawi, 2017).

Volume oksigen maksimal (*VO₂max*) memiliki satuan mililiter oksigen per kilogram berat badan per menit (ml/kg/menit). Artinya, volume oksigen maksimal (*VO₂max*) merupakan jumlah oksigen maksimal yang dapat diproses oleh tubuh per menit per kilogram berat badan selama melakukan latihan intensif yang melelahkan (Buttar dkk., 2019; Teresa, 2017; Teresa dkk., 2018).

Volume oksigen maksimal (*VO₂max*) mengukur kapasitas jantung, paru, dan darah dalam mengangkut oksigen ke otot yang bekerja serta mengukur penggunaan oksigen oleh otot selama latihan fisik. Volume oksigen maksimal seringkali digunakan sebagai pembanding

kemampuan daya tahan para atlet olahraga. Prinsipnya adalah sejumlah oksigen yang ditranspor dengan kecepatan tertentu ke mitokondria untuk mendukung fosforilasi oksidatif akan menghasilkan *adenosine triphosphate* (ATP) untuk melakukan aktivitas fisik. Individu yang memiliki nilai VO_2max besar akan terasa lebih ringan dalam melakukan suatu aktivitas fisik daripada individu yang memiliki nilai volume oksigen maksimal (VO_2max) rendah (Nugraha & Berawi, 2017; Teresa, 2017).

Ketika seseorang melakukan aktivitas, semakin berat beban aktivitas yang dilakukan maka semakin tinggi pula oksigen yang dikonsumsi. Pada awalnya, penambahan beban aktivitas akan diikuti dengan kenaikan konsumsi oksigen. Namun, lama-kelamaan penambahan beban aktivitas yang terus-menerus ini pada suatu saat tidak akan diikuti lagi oleh penambahan konsumsi oksigen. Pada saat inilah konsumsi oksigen mulai konstan (*steady state*). Jika konsumsi oksigen digambarkan pada suatu kurva maka akan memperlihatkan garis yang mendatar yang menandakan ambilan oksigen sudah maksimal (VO_2max). Orang bugar memiliki tingkat VO_2max lebih tinggi dan dapat melakukan aktivitas lebih efisien daripada mereka yang tidak bugar (Teresa, 2017).

2.1.2 Faktor yang Memengaruhi VO_2max

Beberapa faktor yang memengaruhi VO_2max adalah:

a. Usia

Pada usia 25-30 tahun, kekuatan fisik meningkat hingga nilai maksimalnya, setelah itu kapasitas seluruh tubuh menurun sekitar 0,81% per tahun. Namun, jika berolahraga secara teratur pengurangan ini bisa berkurang hingga separuhnya. Tingkat jasmani akan menurun sekitar 8-10% setiap sepuluh tahun untuk orang yang tidak aktif dalam aktivitas sehari-hari atau tidak suka berolahraga. Faktor penyebabnya adalah massa miokardium, penurunan kontraktilitas jantung, dan penurunan volume paru total. Semakin

bertambahnya usia seseorang mengakibatkan semakin berkurangnya latihan jasmani dan meningkatnya waktu bekerja (Gantarialdha, 2021).

b. Jenis Kelamin

Sebelum masa pubertas, kebugaran jasmani anak laki-laki biasanya hampir sama dengan anak perempuan. Namun, setelah masa pubertas nilai kebugaran jasmani laki-laki biasanya lebih tinggi daripada perempuan (Gantarialdha, 2021).

c. Aktivitas Fisik

Respons tubuh terhadap aktivitas fisik adalah hasil dari respons koordinasi sistem organ (termasuk jantung, paru-paru, pembuluh darah perifer, otot, dan sistem hormon). Seseorang yang sehat dan aktif mempunyai detak jantung yang lebih rendah dan *stroke volume* yang lebih tinggi (Gantarialdha, 2021).

Orang yang terlatih dapat menoleransi peningkatan metabolisme sekitar 4,5 kali lipat dari daya tahan, yang kemungkinan besar tidak dibatasi oleh sistem transportasi oksigen. Faktor pembatas dapat berupa kekosongan cadangan glikogen. Dengan usaha penghematan glikogen, pelatihan menginduksi peningkatan penggunaan asam lemak bebas sebagai substrat untuk otot rangka yang sedang aktif, dan waktu kinerja pada 75% kekuatan aerobik maksimal akan menjadi lebih panjang (Jayusfani dkk., 2015).

d. Indeks Massa Tubuh

Status IMT erat kaitannya dengan kebugaran jasmani yang didasarkan pada daya tahan kardiorespirasi (VO_{2max}). Hasil analisis menunjukkan bahwa status IMT normal menghasilkan tubuh yang lebih baik dibandingkan dengan status IMT *overweight* ataupun obesitas. Makanan mempengaruhi status IMT dan kondisi fisik. Orang yang kelebihan berat badan pasti memiliki lipatan lemak yang lebih banyak (Gantarialdha, 2021).

Orang obesitas sering menjalani gaya hidup yang tidak banyak bergerak, yang mengarah pada tingkat kebugaran yang lebih rendah.

Obesitas menyebabkan peningkatan *low-density lipoprotein* (LDL) dan penurunan *high-density lipoprotein* (HDL). Beban yang berlebihan mengganggu fungsi jantung dan bahkan dapat menyebabkan gagal jantung. Tingginya jumlah lemak dalam tubuh penderita obesitas akan menjadi kendala dan menambah beban pada fungsi kardiovaskular dan pernapasan. Gangguan fungsional ini akan mengurangi konsumsi oksigen untuk metabolisme intraseluler, terutama pada sel otot rangka. Penimbunan lemak yang tidak proporsional ini mencegah sistem muskuloskeletal menerima jumlah oksigen yang optimal selama berolahraga. Hal ini terlihat dari nilai VO_{2max} yang rendah pada orang yang kelebihan berat badan (Andriani, 2016; Gantarialdha, 2021).

Sebuah studi tahun 2017 oleh mahasiswa dari Fakultas Kedokteran Universitas Malahayati menunjukkan bahwa indeks massa tubuh mempengaruhi daya tahan kardiorespirasi seseorang. Namun, banyak faktor yang berkontribusi terhadap hasil daya tahan kardiorespirasi yang baik. Salah satu faktor yang mempengaruhi daya tahan kardiorespirasi adalah komposisi tubuh. Komposisi tubuh menggambarkan persentase massa jaringan aktif dan tidak aktif yang terlibat dalam metabolisme energi (Alfarisi & Rivai, 2017; Gantarialdha, 2021).

Jaringan adiposa adalah jaringan tubuh yang tidak terlibat langsung dalam produksi energi. Sebaliknya, jaringan otot adalah jaringan yang berperan aktif dalam produksi energi. Seseorang dengan lebih banyak jaringan lemak di tubuhnya dapat menghasilkan lebih sedikit energi. Artinya, kelebihan berat badan memiliki lebih banyak massa jaringan yang tidak aktif dalam tubuh dan meningkatkan beban jaringan aktif, menyebabkan otot berkontraksi lebih banyak untuk menopang kelebihan berat badan (Alfarisi & Rivai, 2017; Gantarialdha, 2021).

Berdasarkan hasil penelitian Wibowo dan Dese (2019) tentang hubungan indeks massa tubuh dengan VO_{2max} pada pemain bola

basket ditemukan hubungan yang kuat antara IMT dengan VO_{2max} . Setiap kenaikan 1 kg/m^2 IMT akan menyebabkan penurunan kapasitas VO_{2max} sebesar $0,234 \text{ ml/kg/menit}$. Dari hasil tersebut terlihat bahwa semakin tinggi IMT maka VO_{2max} semakin rendah. Untuk mendapatkan nilai VO_{2max} yang baik, indeks massa tubuh (IMT) seseorang harus selalu dijaga pada level ideal dengan menjaga pola makan dan aktivitas fisik yang konsisten dengan frekuensi dan intensitas (Gantarialdha, 2021; Kalyanshetti & Veluru, 2017; Pandey dkk., 2014; Wibowo & Dese, 2019).

Sebuah studi Universitas Udayana tahun 2018 tentang hubungan antara indeks massa tubuh dan penyakit kardiovaskular pada mahasiswi Fakultas Kedokteran Universitas Udayana berusia 18-21 tahun menemukan bahwa indeks massa tubuh adalah salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kebugaran. Jika nilai IMT tinggi dan tergolong dalam kategori *overweight-obesity*, maka jaringan lemak tubuh bertambah. Pertumbuhan jaringan adiposa dalam tubuh melemahkan fungsi fisiologis jantung akibat penebalan dinding ventrikel yang menyebabkan penurunan curah jantung. Akibatnya, lebih sedikit darah yang dipompa, mengakibatkan lebih sedikit oksigen yang beredar ke otot. (Gantarialdha, 2021; Wardana dkk., 2018).

Seiring waktu, peningkatan jaringan adiposa juga dikaitkan dengan penurunan fungsi endotel vaskular, khususnya produksi oksida nitrat (NO). Sintesis NO yang berkurang menyebabkan resistensi insulin, yang berujung pada terganggunya regulasi aktivitas anion transporter di mitokondria, yang berdampak pada penurunan VO_{2max} . Pada individu obesitas, terjadi peningkatan pelepasan sitokin, terutama interleukin-6 (IL-6) yang merangsang faktor proinflamasi dan meningkatkan sekresi *prothrombin-activating inhibitor-1* (PAI-1). Ini meningkatkan risiko tekanan darah tinggi dan penyakit kardiovaskular lainnya (Alimardani dkk., 2012; Cieřla

dkk., 2014; de Araujo dkk., 2015; Gantarialdha, 2021; Wardana dkk., 2018).

Sebuah studi tahun 2012 yang dilakukan pada siswa di Apikes Citra Medika Surakarta menunjukkan bahwa ada korelasi negatif antara indeks massa tubuh dengan asupan oksigen maksimal, yang berarti bahwa indeks massa tubuh yang tinggi menurunkan tingkat VO_2max . (Budiarto, 2012; Gantarialdha, 2021).

2.2 Sistem yang Berhubungan dengan VO_2max

2.2.1 Kardiovaskular

Jantung terdiri dari empat ruang dan merupakan pompa utama untuk aliran darah melalui semua sistem pembuluh darah. Jantung sebagai bagian dari sistem kardiovaskular merupakan organ tubuh yang memiliki otoritas. Volume darah yang dialirkan per menit (*cardiac output*) adalah hasil kali denyut jantung dengan volume sekuncup (*stroke volume*). Curah jantung (*cardiac output*) menggambarkan jumlah darah yang dibutuhkan selama aktivitas metabolisme. Pengukuran metabolisme merupakan gambaran jumlah oksigen yang dikonsumsi (American College of Sports Medicine, 2018; Mubarak, 2018).

Stroke volume (SV) atau volume sekuncup adalah jumlah darah yang diangkut melalui tubuh dengan setiap detak jantung. Volume darah yang dialirkan per menit disebut curah jantung (CO). Curah jantung (dalam liter per menit) adalah hasil kali detak jantung dan volume sekuncup (American College of Sports Medicine, 2018; Mubarak, 2018).

Curah jantung memiliki hubungan dengan VO_2 dan hubungan ini digambarkan sebagai garis lurus, seiring bertambahnya usia garis ini bergerak sedikit ke bawah tetapi tidak ada perubahan signifikan dalam orientasi atau kelengkungan garis tersebut. Volume maksimum jantung dalam posisi terlentang (supinasi) lebih kecil daripada posisi berdiri, seperti halnya dengan VO_2max . Dalam latihan yang dilakukan dalam

posisi berdiri, detak jantung dan volume sekuncup meningkat seiring dengan meningkatnya intensitas latihan. Denyut jantung maksimal dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain usia, postur tubuh, dan tingkat kebugaran (American College of Sports Medicine, 2018; Mubarak, 2018).

Curah jantung pada orang dewasa muda meningkat secara linier dengan meningkatnya beban kerja. Pada intensitas hingga 50% VO_{2max} , curah jantung meningkat karena perubahan detak jantung dan *stroke volume*. Kemudian curah jantung meningkat pada dasarnya karena peningkatan denyut jantung. Penurunan curah jantung dengan usia kontras dengan studi siklus stasioner yang menunjukkan tidak ada perbedaan curah jantung absolut atau kelengkungan kurva curah jantung- VO_2 antara subyek tua (51-72 tahun) dan muda (20-31 tahun). Dengan demikian, faktor usia masih belum jelas dalam menentukan curah jantung selama latihan (American College of Sports Medicine, 2018; Mubarak, 2018).

Detak jantung dan VO_2 berhubungan dan linier. Detak jantung maksimal adalah fungsi dari usia, sedangkan tingkat kebugaran menentukan kemiringan garis. Tes submaksimal membutuhkan kondisi mapan, yaitu keadaan yang ditandai dengan detak jantung konstan selama latihan dengan beban submaksimal konstan, yaitu nilai detak jantung optimal yang cukup untuk menutupi kebutuhan peredaran darah pada beban kerja yang diberikan (American College of Sports Medicine, 2018; Mubarak, 2018).

2.2.2 Respirasi

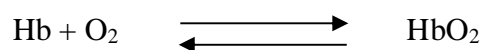
Paru-paru adalah organ yang unik, tidak memiliki otot sendiri, tindakan mengeluarkan udara adalah koordinasi antara paru-paru dan dinding dada. Paru-paru sebagai pompa ventilasi, termasuk dinding dada, otot pernapasan, dan rongga pleura, berperan dalam proses inspirasi dan ekspirasi. Inspirasi dimulai dengan aktivasi otot pernapasan, terutama diafragma. Otot pernapasan memperbesar ukuran rongga toraks sehingga tekanan di dalam rongga pleura lebih rendah daripada tekanan

atmosfer di luar. Pergerakan dimensi rongga toraks adalah pergerakan tulang rusuk pada persendian tulang belakang pada sisi posterior dan tulang dada pada sisi anterior. Selama inspirasi, terjadi kondisi rongga dada mengembang, tekanan alveolar lebih rendah dari tekanan atmosfer agar udara masuk ke paru-paru. Pada akhir inspirasi, otot-otot mengendur dan kekuatan elastis paru-paru mendorong udara keluar, sehingga terjadi ekspirasi (American College of Sports Medicine, 2018; Mubarak, 2018).

a. Pertukaran dan Transportasi Gas O₂ dan CO₂

Oksigen dan CO₂ bergerak melintasi membran tubuh melalui proses difusi pasif mengikuti gradien tekanan parsial. Sebagian O₂ larut dalam cairan yang membasahi epitel tipis dari alveolus. Kemudian O₂ berdifusi ke dalam darah yang terdapat dalam kapiler-kapiler pada dinding alveolus. Secara simultan sebagian CO₂ dalam darah berdifusi ke dalam alveolus yang dapat dihembuskan keluar. Gas-gas berdifusi menuruni gradien tekan dalam paru-paru dan organ-organ lain. Oksigen dan karbondioksida berdifusi dari tempat di mana tekanan parsialnya lebih tinggi ke tempat di mana tekanan parsialnya lebih rendah. Sirkulasi darah kemudian membawa O₂ ke semua sel yang membutuhkan. Sementara itu darah mengambil CO₂ dari sel-sel ini untuk diangkut kembali ke kapiler alveolus (Dharmansyah, 2019).

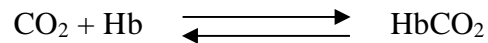
Pengangkutan O₂ tersebut dilakukan oleh Hb yang terkandung di dalam sel darah merah, hanya 2 – 3% saja yang terlarut di dalam plasma darah. Hb memiliki kemampuan untuk mengikat dan melepaskan O₂ menurut reaksi (Dharmansyah, 2019):



Reaksi ke kanan bila di jaringan paru-paru/alveolus dan reaksi ke kiri bila di jaringan tubuh. Bila pengangkutan O₂ dilaksanakan oleh

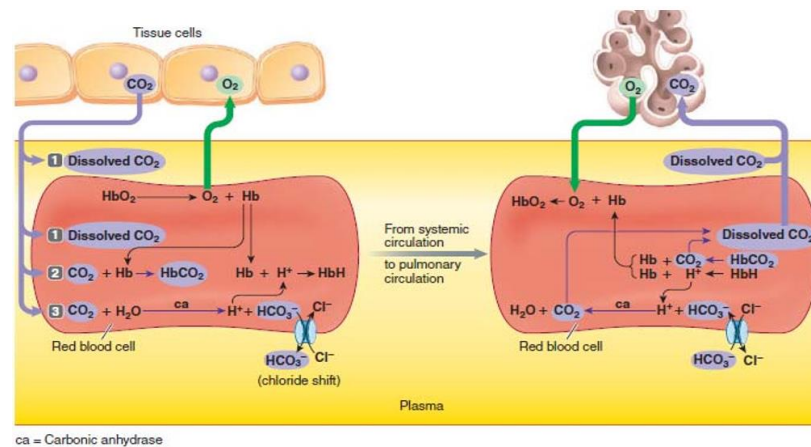
Hb, maka pengangkutan CO₂ dari jaringan ke paru-paru dapat melalui 3 cara, yaitu (Dharmansyah, 2019):

- 1) CO₂ larut secara fisik (sekitar 10%)
- 2) CO₂ terikat dengan Hb (sekitar 30%)



- 3) CO₂ diubah menjadi HCO₃ melalui reaksi kimia yang berlangsung di dalam sel darah merah (sekitar 60%).

Gambar di bawah ini menjelaskan mekanisme pertukaran CO₂ dan O₂ pada teori di atas (Dharmansyah, 2019).



(Dharmansyah, 2019)

Gambar 1. Mekanisme pertukaran O₂ dan CO₂

2.2.3 Otot

Aktivitas otot muncul sebagai kontraksi dan relaksasi. Otot skeletal memiliki struktur mikroskopis yang fungsinya untuk berkontraksi. Sarkomer adalah unit kontraksi serat otot. Myosin dan aktin adalah protein turunan sarkomer yang menyebabkan otot berkontraksi. Troponin dan tropomiosin merupakan protein yang dapat menghambat kerja miosin dan aktin saat otot berelaksasi. Retikulum sarkoplasma mengelilingi sarkomer dan bertindak sebagai tempat penyimpanan ion kalsium. Polarisasi adalah potensial istirahat yang terjadi saat otot rileks, dengan muatan energi positif (+) di bagian luar sarkolema dan muatan

energi negatif (-) di dalamnya. Pada saat polarisasi terdapat lebih banyak ion Na^+ di luar sel dan lebih banyak ion K^+ di dalam sel. Pompa Na^+ dan K^+ mempertahankan konsentrasi ini di dalam dan di luar sarkolema. Pada saat yang sama, depolarisasi adalah proses yang dipicu oleh impuls saraf. Asetilkolin dilepaskan dari akson terminal, membuat sarkolema sangat permeabel terhadap ion Na^+ , menyebabkan ion Na^+ masuk ke dalam sel dan mengubah muatan energi menjadi negatif (-) di dalam sel dan positif (+) di luar sel. Depolarisasi menyebar sepanjang *sarcolemma* dan menyebabkan kontraksi. Repolarisasi adalah ketika ion K^+ meninggalkan sel untuk mengembalikan keadaan ekstraseluler ke keadaan positif (+). Potensi aksi adalah proses depolarisasi diikuti oleh repolarisasi. Depolarisasi merangsang berbagai tindakan dalam struktur otot yang menyebabkan myosin menarik aktin ke arah pusat sarkomer, mengakibatkan pemendekan otot (American College of Sports Medicine, 2018; Mubarak, 2018).

Selama kontraksi, jembatan silang (*cross-bridge*) menghubungkan dan menekuk, menarik filamen tipis ke dalam. Filamen tipis di kedua sisi sarkomer meluncur di atas filamen tebal stasioner menuju tengah grup A. Saat mereka meluncur ke dalam, filamen tipis menarik zona Z lebih dekat satu sama lain, menyebabkan sarkomer memendek. Ini dikenal sebagai mekanisme pergeseran filamen selama kontraksi otot. Zona H berkurang saat filamen tipis mendekat saat mereka meluncur semakin dalam. Pita I terdiri dari bagian filamen tipis yang tidak tumpang tindih. Filamen tipis atau tebal tidak memendek selama kontraksi. Pemendekan sarkomer disebabkan oleh perpindahan filamen tipis yang mendekat di antara filamen tebal (American College of Sports Medicine, 2018; Mubarak, 2018).

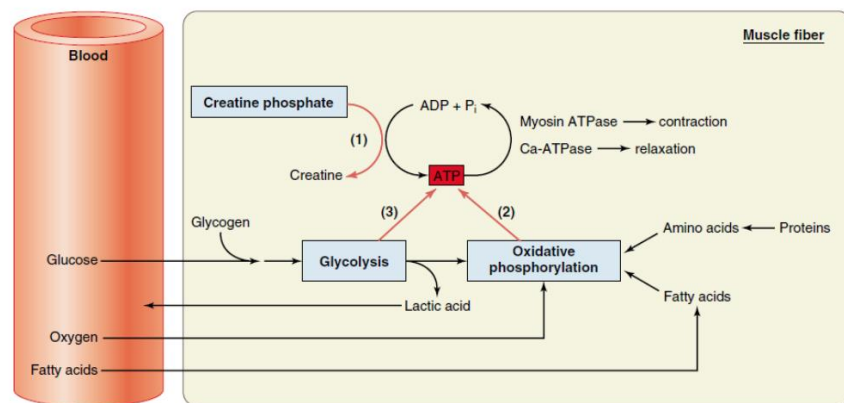
Ada dua jenis serabut otot, *slow-twitch* (ST) dan *fast-twitch* (FT), yang berperan dalam metabolisme. Serat ST mengandung lebih banyak mitokondria daripada serat FT, sehingga sangat efisien dalam menghasilkan ATP dari oksidasi karbohidrat dan lemak. Saat oksigenasi terjadi, serat ST terus menghasilkan ATP, menjaga serat ini tetap aktif

dan mampu mempertahankan aktivitas otot. Serat otot ST dikatakan memiliki resistensi aerobik yang tinggi, sehingga jumlah serat ST paling sedikit direkrut selama latihan ketahanan intensitas rendah. Serat FTa memiliki ketahanan aerobik yang relatif rendah. Serat-serat ini memiliki aktivitas anaerobik yang lebih baik daripada serat ST, yang berarti ATP yang digunakan dibentuk oleh jalur anaerobik dan bukan oleh oksidasi. Motor unit FTa menghasilkan lebih banyak daya daripada motor ST, tetapi serat tersebut lebih mudah lelah karena kekuatannya yang terbatas. Oleh karena itu, serat FTa tampaknya digunakan untuk waktu singkat dengan daya tahan tinggi. Serabut FTb tidak mudah dirangsang oleh sistem saraf, sehingga relatif jarang digunakan dalam aktivitas normal intensitas rendah, tetapi digunakan dalam aktivitas eksplosif tinggi seperti lari 100 meter dan renang cepat 50 meter (American College of Sports Medicine, 2018; Mubarak, 2018).

a. Sumber Energi Kontraksi Otot

Terdapat 3 jenis sumber energi untuk kontraksi otot rangka (Fox, 2011; Hall, 2016):

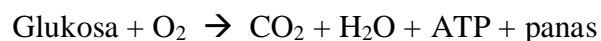
- 1) *Phosphocreatine* yang mengandung ATP tinggi dan dapat digunakan langsung oleh otot tetapi cepat habis (sekitar 5-8 detik).
- 2) Proses glikolisis dari glikogen menjadi asam piruvat dan asam laktat. Reaksi ini tidak membutuhkan oksigen dan menghasilkan energi 2,5 kali lebih cepat daripada mekanisme fosforilasi oksidatif. Namun, karena penumpukan asam laktat, otot sering kali mudah lelah dalam hitungan menit.
- 3) Fosforilasi oksidatif; merupakan kombinasi antara oksigen dan produk glikolisis tetapi membutuhkan waktu yang lama untuk menghasilkan energi. Secara umum, 95% energi otot diperoleh dari sumber ini.



(Fox, 2011)

Gambar 2. Sumber Energi Kontraksi Otot

ATP adalah satuan energi yang digunakan dalam kontraksi otot. Glikogen adalah sumber energi yang paling melimpah dan pertama kali dipecah menjadi glukosa di mitokondria (Fox, 2011; Hall, 2016).



ATP digunakan untuk kontraksi; panas digunakan untuk mengatur suhu tubuh; H₂O menjadi bagian dari cairan intraseluler; dan karbon dioksida dihembuskan. Sumber lain adalah kreatin fosfat, yang terurai menjadi kreatin + fosfat + energi. Energi yang dihasilkan digunakan untuk mensintesis lebih banyak ATP (Fox, 2011; Hall, 2016).

2.3 Indeks Massa Tubuh

Indeks massa tubuh (IMT) adalah antropometri untuk menilai massa tubuh yang terdiri dari tulang, otot, dan lemak. IMT adalah cara yang praktis untuk memantau status gizi orang dewasa (usia ≥ 18 tahun), khususnya yang berhubungan dengan kekurangan dan kelebihan berat badan (BB). IMT tidak dapat diterapkan pada kelompok umur yang masih tumbuh seperti bayi, anak, remaja, dan kelompok khusus seperti ibu hamil yang mengalami peningkatan berat badan ketika hamil dan olahragawan yang sebagian besar massa tubuhnya terdiri dari otot. Selain itu, IMT pun tidak dapat diterapkan pada keadaan khusus

dimana orang mengidap penyakit seperti edema, asites, dan hepatomegali (Par'i dkk., 2017).

Rumus untuk IMT adalah:

$$IMT (kg/m^2) = \frac{BB (kg)}{(TB (m))^2} \text{ (Par'i dkk., 2017)}$$

Tabel 1. Klasifikasi IMT menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia

	Kategori	IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	<17,0
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17,0-18,4
Normal		18,5-25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	25,1-27
	Kelebihan berat badan tingkat berat	>27

(P2PTM Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019)

2.3.1 Faktor yang Memengaruhi Indeks Massa Tubuh

1. Usia

Prevalensi IMT lebih (obesitas) meningkat secara terus menerus dari usia 20-60 tahun. Setelah usia 60 tahun, prevalensi obesitas mulai menurun. Kelompok usia 16-24 tahun tidak berisiko obesitas dibandingkan dengan kelompok usia yang lebih tua. Kelompok usia setengah baya dan pensiun memiliki risiko obesitas yang lebih tinggi (Fauzan, 2018; Utami & Setyarini, 2017; Wijaya dkk., 2020).

2. Jenis Kelamin

Kategori kelebihan berat badan (overweight) lebih banyak pada pria, sementara kategori obesitas lebih banyak pada wanita. Jenis kelamin memengaruhi perbedaan distribusi lemak tubuh. Pria cenderung mengalami obesitas visceral (abdominal) dibandingkan wanita. Proses-proses fisiologis dipercaya dapat berkontribusi terhadap peningkatan simpanan lemak pada perempuan (Fauzan, 2018; Utami & Setyarini, 2017; Wijaya dkk., 2020).

3. Genetik

Sekitar lebih dari 40% variasi IMT dijelaskan oleh faktor genetik. Indeks massa tubuh (IMT) sangat berhubungan erat dengan generasi pertama keluarga. Penelitian menunjukkan bahwa orang tua obesitas menghasilkan anak-anak obesitas dengan proporsi tertinggi (Fauzan, 2018; Utami & Setyarini, 2017; Wijaya dkk., 2020).

4. Pola Makan

Pola makan merupakan pengulangan susunan makanan yang dapat dilihat ketika makanan dimakan. Hal ini terutama berkenaan dengan jenis dan proporsinya, dan atau kombinasi makanan yang dimakan oleh individu, masyarakat, atau sekelompok populasi (Fauzan, 2018).

Kenyamanan modern serta makanan siap saji juga berkontribusi terhadap epidemi obesitas. Banyak keluarga yang mengonsumsi makanan siap saji dengan kandungan tinggi lemak dan tinggi gula. Hal lain yang meningkatkan kejadian obesitas yaitu peningkatan porsi makan yang terjadi baik di rumah makan, di restoran siap saji, maupun di rumah (Fauzan, 2018; Utami & Setyarini, 2017; Wijaya dkk., 2020).

Orang-orang yang mengonsumsi makanan tinggi lemak lebih cepat mengalami peningkatan berat badan dibandingkan mereka yang mengonsumsi makanan tinggi karbohidrat dengan jumlah kalori yang sama. Frekuensi dan ukuran asupan makan juga memengaruhi peningkatan berat badan dan lemak tubuh (Fauzan, 2018; Utami & Setyarini, 2017; Wijaya dkk., 2020).

Pola makan yang kurang tepat seperti sering tidak sarapan dapat berpengaruh pada peningkatan indeks massa tubuh (IMT). Orang yang tidak sarapan memiliki indeks massa tubuh (IMT) yang lebih tinggi dibandingkan dengan orang yang sarapan karena orang yang tidak sarapan cenderung menjadi tidak seimbang pola makannya,

seperti mengonsumsi makan siang dalam jumlah yang besar atau berlebihan (Utami & Setyarini, 2017).

Selain itu, sarapan bermanfaat bagi fungsi kognitif terutama daya ingat, prestasi akademik, jumlah kehadiran di sekolah, dan psikososial. Remaja yang tidak sarapan mengalami penurunan asupan mikronutrisi dibandingkan dengan remaja yang rutin sarapan dimana rendahnya asupan ini tidak dapat digantikan dengan waktu makan yang lain (Utami & Setyarini, 2017).

Remaja yang tidak rutin sarapan berisiko 3,6 kali menjadi *overweight* dibandingkan remaja yang rutin sarapan setelah dikontrol dengan karbohidrat dari makanan selingan. Remaja dengan konsumsi tinggi karbohidrat dari makanan selingan berisiko 5 kali menjadi *overweight* dibandingkan remaja dengan konsumsi rendah karbohidrat dari makanan selingan setelah dikontrol dengan sarapan pagi (Utami & Setyarini, 2017).

Remaja usia 15-18 tahun sudah mulai mencari kemandirian dan jati diri. Oleh karena itu, mereka mudah sekali terpengaruh oleh faktor-faktor dari luar seperti media, baik elektronik maupun media cetak. Faktor-faktor ini dapat memengaruhi persepsi remaja, termasuk persepsi untuk makan atau persepsi dengan citra tubuh (Utami & Setyarini, 2017).

5. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik mencerminkan gerakan tubuh yang disebabkan oleh kontraksi otot yang dapat menghasilkan energi ekpenditur. Asupan energi yang berlebihan dan tidak diimbangi dengan pengeluaran energi (dengan kurangnya beraktivitas fisik) akan menyebabkan terjadinya penambahan berat badan. Perubahan gaya hidup mengakibatkan terjadinya perubahan pola makan masyarakat yang merujuk pada pola makan tinggi kalori, lemak, dan kolesterol. Perubahan pola makan tersebut diikuti dengan kurangnya aktivitas fisik dapat menimbulkan masalah gizi lebih (Fauzan, 2018; Utami & Setyarini, 2017; Wijaya dkk., 2020).

Saat ini, level aktivitas fisik telah menurun drastis seiring dengan pengalihan buruh manual dengan mesin dan peningkatan penggunaan alat bantu rumah tangga, transportasi, dan rekreasi. Berjalan kaki, bertanam, menaiki tangga, bermain bola, dan menari merupakan aktivitas fisik yang baik untuk dilakukan. Untuk kepentingan kesehatan, perlu dilakukan aktivitas fisik sedang atau bertenaga selama sekitar 30 menit setiap harinya dalam seminggu. Untuk penurunan berat badan atau mencegah peningkatan berat badan, diperlukan aktivitas fisik selama sekitar 60 menit dalam sehari (Fauzan, 2018; Utami & Setyarini, 2017; Wijaya dkk., 2020).

2.4 Hubungan Indeks Massa Tubuh dengan VO_{2max}

Hasil analisis menunjukkan bahwa status indeks massa tubuh normal memiliki tubuh yang lebih bugar daripada status indeks massa tubuh yang tinggi terutama obesitas. Indeks massa tubuh tinggi terutama obesitas pada seseorang akan membatasi fleksibilitasnya dalam berbagai aktivitas. Hal ini akan membuat orang dengan indeks massa tubuh yang tinggi tersebut seringkali menjalani gaya hidup yang tidak banyak bergerak, sehingga kadar kebugaran jasmaninya lebih rendah (Gantarialdha, 2021).

Indeks massa tubuh yang tinggi akan menyebabkan peningkatan *low density lipoprotein* (LDL) dan penurunan *high density lipoprotein* (HDL). Beban yang terlalu berat akan mengganggu fungsi jantung. Tingginya lemak dalam tubuh terutama pada penderita obesitas akan menjadi kendala dan menimbulkan beban tambahan pada fungsi jantung. Penurunan fungsi ini akan berdampak pada turunya curah jantung. Hal ini menyebabkan lebih sedikit darah yang dipompa sehingga oksigen yang beredar ke otot juga lebih sedikit. Hal ini pun menyebabkan penurunan ambilan oksigen untuk metabolisme intraseluler, terutama sel muskuloskeletal. Karena timbunan lemak yang tidak proporsional, sistem muskuloskeletal tidak bisa memperoleh jumlah oksigen yang optimal selama latihan (Gantarialdha, 2021).

Apabila nilai indeks massa tubuh seseorang tinggi dan termasuk dalam kategori *overweight* sampai obesitas, maka akan terjadi peningkatan jaringan lemak dalam tubuh. Seseorang yang memiliki indeks massa tubuh tinggi memiliki jaringan lemak yang lebih banyak dibanding jaringan otot. Jaringan adiposa adalah jaringan tubuh yang tidak terlibat langsung dalam proses pembentukan energi, sedangkan jaringan otot merupakan jaringan yang berperan aktif dalam pembentukan energi. Seseorang yang lebih banyak memiliki jaringan lemak dalam tubuh akan memiliki kemampuan menghasilkan energi yang rendah. Artinya, berat badan berlebih memiliki lebih banyak massa jaringan yang tidak aktif dan akan meningkatkan beban jaringan aktif sehingga otot akan berkontraksi lebih kuat untuk menopang kelebihan berat badan. Hal itu akan menyebabkan peningkatan konsumsi O_2 oleh otot untuk memperoleh ATP (Gantarialdha, 2021; Hidayah, 2018).

Tubuh membutuhkan ATP sebagai energi selama beraktivitas fisik. ATP diperoleh dari respirasi yang terjadi di otot, khususnya respirasi aerobik yang menghasilkan ATP paling banyak dibanding respirasi anaerobik, dimana respirasi aerobik membutuhkan oksigen untuk membentuk ATP. Dengan berat badan yang berlebih, pada saat beraktivitas fisik otot akan berkontraksi lebih kuat sehingga membutuhkan lebih banyak lagi ATP. Hal itu akan menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen oleh otot untuk melangsungkan respirasi aerobik. Akan tetapi, peningkatan konsumsi oksigen oleh otot tersebut bersamaan dengan kurangnya suplai oksigen dari darah ke otot. Hal ini mengakibatkan persediaan oksigen semakin menipis dan akhirnya tidak cukup berlangsungnya respirasi aerobik oleh otot. Oleh karena itu, otot mengalihkan respirasi aerobik ke respirasi anaerobik yang tidak melibatkan oksigen dalam prosesnya, yaitu glikolisis anaerobik. Glikolisis anaerobik sangat bermanfaat dalam penyediaan ATP dalam waktu yang relatif cepat dan tanpa menggunakan oksigen. Namun, glikolisis anaerobik menghasilkan suatu produk akhir berupa asam laktat yang sangat merugikan karena dapat menyebabkan kelelahan otot (Hidayah, 2018).

Indeks massa tubuh yang tinggi terutama *overweight* dan obesitas menyebabkan terjadinya peningkatan lemak di dinding dada dan abdomen. Hal

ini menyebabkan peregangan yang berlebihan pada dinding *thorax*. Peregangan dinding *thorax* yang berlebihan ini akan mengakibatkan penurunan *compliance* dinding dada, membatasi gerakan tulang-tulang kosta atau penurunan mobilitas *thorax*, serta otot pernapasan harus bekerja lebih keras untuk menghasilkan tekanan yang rendah pada rongga pleura untuk memungkinkan aliran udara masuk saat inspirasi. Otot pernapasan yang harus bekerja lebih keras tersebut meningkatkan konsumsi O₂ dan produksi CO₂ yang akan berakibat pada peningkatan ventilasi. Kemudian, lama-kelamaan terjadi hipoventilasi karena bertambahnya retensi CO₂ (Gili dkk., 2021; Saminan, 2019).

Deposisi jaringan adiposa subkutan dan *visceral* dapat menyebabkan keterbatasan ekspansi paru-paru selama inspirasi dan mengurangi kaliber saluran napas perifer sehingga saluran napas akan menyempit secara luas dan menjadi pemicu berkembangnya hipoksemia. Deposisi lemak subkutan di dada bagian atas yang paling berpengaruh pada fungsi pernapasan. Orang yang obesitas akan mengalami transmisi tekanan yang tinggi di kompartemen *intraabdominal* menuju ke toraks yang secara langsung dapat mengurangi kapasitas residu fungsional dan volume cadangan ekspirasi sehingga mengharuskan bernapas menjadi lebih datar, dangkal, cepat, dan kurang efisien. Kurva tekanan-volume paru pada obesitas juga dapat meningkatkan kerja otot pernapasan (Gili dkk., 2021; Saminan, 2019).

2.5 Metode Pengukuran *VO₂max*

2.5.1 Tes Maksimal

a. *Cooper 12-Minutes Test*

Tujuan dari *Cooper test* 12 menit adalah untuk menempuh jarak terjauh dalam periode waktu yang ditentukan. *VO₂max* dapat diperkirakan dari menggunakan persamaan berikut (American College of Sports Medicine, 2018):

$$VO_{2max} \text{ (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{menit}^{-1}\text{)} = (\text{jarak dalam meter} + 504.9) / 44.73$$

b. Cooper 1.5-mi (2.4 km) Test

Tujuan dari *Cooper test* 1,5 mil (2,4 km) adalah untuk menempuh jarak dalam periode waktu terpendek. VO_2max dapat diperkirakan dari menggunakan persamaan berikut (American College of Sports Medicine, 2018):

$$VO_2max \text{ (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{menit}^{-1}) = 3.5 + 483 / \text{waktu 1.5 mil (menit)}$$

c. Balke Test

Tujuan dari *Balke test* adalah untuk menempuh jarak sejauh-jauhnya jarak selama 15 menit. VO_2max dapat diperkirakan dari menggunakan persamaan berikut (American College of Sports Medicine, 2018):

$$VO_2max \text{ (ml/kgBB/menit)} = \left(\frac{x \text{ meter}}{15} - 133 \right) \times 0,172 + 33,3$$

d. Rockport One-Mile Fitness Walking Test

Dalam tes ini, seorang individu berjalan 1 mil (1,6 km) secepat mungkin, dianjurkan untuk dilakukan di trek atau permukaan yang datar, dan HR diperoleh pada menit terakhir. Alternatifnya adalah mengukur HR 10 detik segera setelah menyelesaikan jalan 1-mil (1,6 km), tetapi ini mungkin melebih-lebihkan VO_2max dibandingkan saat HR diukur selama berjalan. VO_2max dapat diperkirakan menggunakan persamaan regresi berikut (American College of Sports Medicine, 2018):

$$VO_2max \text{ (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{menit}^{-1}) = 132.853 - (0.1692 \times \text{berat badan dalam kg}) - (0.3877 \times \text{usia dalam tahun}) + (6.315 \times \text{gender}) - (3.2649 \times \text{waktu dalam menit}) - (0.1565 \times \text{HR})$$

(SEE = 5.0 mL · kg⁻¹ · menit⁻¹; gender = 0 untuk wanita, 1 untuk pria)

e. 6-Minutes Walk Test

Selain secara independen memprediksi morbiditas dan mortalitas, tes berjalan 6 menit telah digunakan untuk mengevaluasi CRF pada

populasi yang dianggap memiliki CRF yang telah berkurang seperti lansia dan beberapa populasi pasien klinis (misalnya, individu dengan CHF atau penyakit paru). *American Thoracic Society* telah menerbitkan pedoman tentang prosedur dan interpretasi *6-minutes walk test*. Meskipun tes ini dianggap submaksimal, tes ini dapat menghasilkan kinerja yang hampir maksimal bagi mereka yang memiliki tingkat kebugaran fisik atau penyakit yang rendah. Klien dan pasien yang menyelesaikan kurang dari 300 m (~984 kaki) selama 6 menit berjalan menunjukkan kelangsungan hidup jangka pendek yang lebih buruk dibandingkan dengan mereka yang melampaui ambang batas ini. VO_{2max} dapat diperkirakan menggunakan persamaan berikut (American College of Sports Medicine, 2018):

$$VO_{2peak} = VO_2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{menit}^{-1} = (0.02 \times \text{jarak [m]}) - (0.191 \times \text{usia [th]}) - (0.07 \times \text{berat badan [kg]}) + (0.09 \times \text{tinggi badan [cm]}) + (0.26 \times \text{RPP} [\times 10^{-3}]) + 2.45$$

Keterangan:

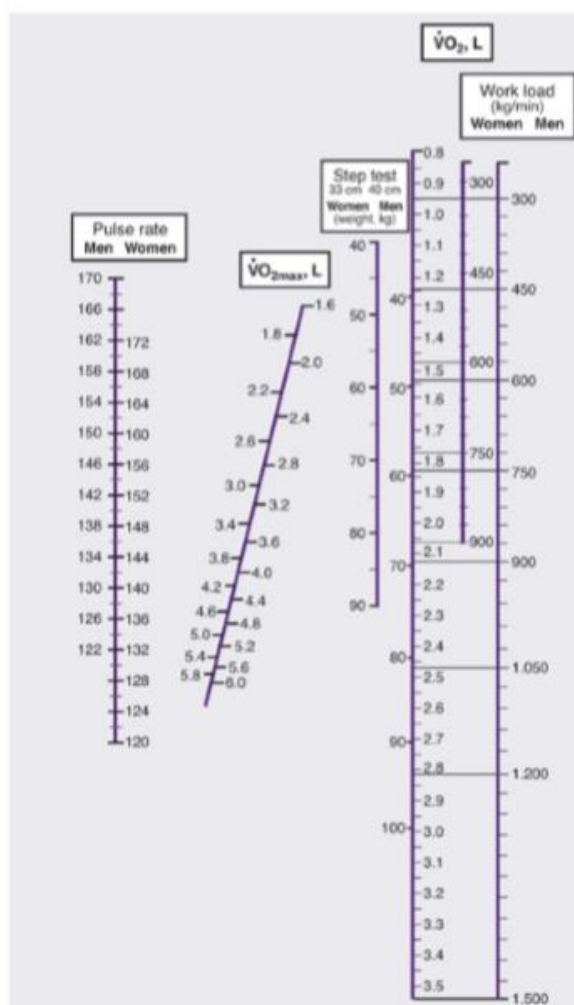
m = jarak dalam meter; th = tahun; kg = kilogram; cm = sentimeter;
RPP = *rate-pressure product* (HR \times SBP dalam mm Hg); SEE = 2,68 mL \cdot kg⁻¹ \cdot menit⁻¹

2.5.2 Tes Submaksimal

a. *Cycle Ergometer Test*

Tes ergometer siklus Astrand-Ryhming adalah tes satu tahap yang berlangsung selama 6 menit. Kecepatan pedal diatur pada 50 rpm. Tujuannya adalah untuk mendapatkan nilai HR antara 125 dan 170 denyut \cdot menit⁻¹, dengan HR diukur selama menit kelima dan keenam kerja. Rata-rata dari dua HR kemudian digunakan untuk memperkirakan VO_{2max} dari nomogram (Gambar 3). Tingkat kerja yang disarankan didasarkan pada jenis kelamin dan status kebugaran individu sebagai berikut (American College of Sports Medicine, 2018):

- pria, *unconditioned*: 300 atau 600 kg · m · menit⁻¹ (50 atau 100 W)
- pria, *conditioned*: 600 atau 900 kg · m · menit⁻¹ (100 atau 150 W)
- wanita, *unconditioned*: 300 atau 450 kg · m · menit⁻¹ (50 atau 75 W)
- wanita, *conditioned*: 450 atau 600 kg · m · menit⁻¹ (75 atau 100 W)



(American College of Sports Medicine, 2018)

Gambar 3. *Modified Astrand-Ryhming Normogram*

Karena HR_{max} menurun seiring bertambahnya usia, nilai dari nomogram harus disesuaikan dengan usia dengan mengalikan nilai

VO_2max dengan faktor koreksi berikut (American College of Sports Medicine, 2018):

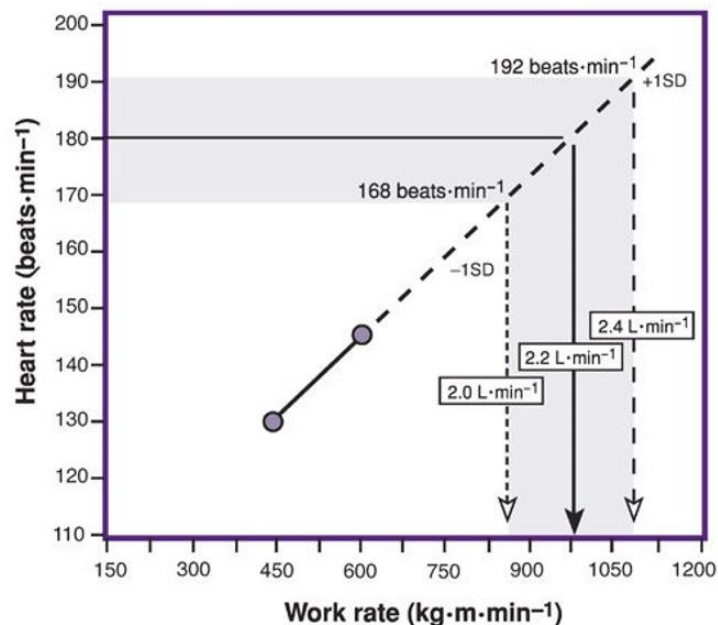
Tabel 2. Faktor Koreksi Berdasarkan Usia

Usia	Faktor Koreksi
15	1,10
25	1,00
35	0,87
40	0,83
45	0,78
50	0,75
55	0,71
60	0,68
65	0,65

(American College of Sports Medicine, 2018)

Berbeda dengan uji satu tahap ergometer siklus Astrand-Ryhming, Maritz et al. merancang tes di mana HR diukur pada serangkaian tingkat kerja submaksimal dan mengekstrapolasi respons HR ke HR_{max} yang diprediksi usia subjek. Metode multistage ini merupakan teknik penilaian yang terkenal untuk memperkirakan VO_2max . HR diukur selama menit terakhir dari dua tahap kondisi mapan diplot terhadap tingkat kerja. Garis yang dihasilkan dari titik-titik yang diplot kemudian diekstrapolasi ke HR_{max} yang diprediksi usia, dan garis tegak lurus dijatuhkan ke sumbu x untuk memperkirakan tingkat kerja yang akan dicapai jika individu telah bekerja secara maksimal. Pengukuran HR di bawah $110 \text{ denyut} \cdot \text{min}^{-1}$ tidak boleh digunakan untuk memperkirakan VO_2max karena ada lebih banyak variabilitas harian dan individu pada tingkat HR yang lebih rendah yang mengurangi akurasi prediksi, dan tes latihan submaksimal dihentikan jika klien mencapai 70% HRR (85% HR_{max}). Oleh karena itu, dua pengukuran HR berturut-turut antara $110 \text{ denyut} \cdot \text{min}^{-1}$ dan 70% HRR (85% HR_{max}) harus diperoleh untuk memprediksi VO_2max (American College of Sports Medicine, 2018).

Gambar 4 menyajikan contoh grafik respons HR terhadap dua beban kerja submaksimal untuk memperkirakan VO_2max . Dua garis yang dicatat sebagai ± 1 standar deviasi (SD) menunjukkan perkiraan VO_2max jika $HRmax$ sebenarnya dari subjek adalah 168 atau 192 denyut \cdot menit⁻¹, bukan 180 denyut \cdot menit⁻¹. VO_2max diperkirakan dari laju kerja menggunakan rumus pada Gambar 7. Persamaan ini valid untuk memperkirakan VO_2 pada beban kerja kondisi stabil submaksimal (dari 300 hingga 1.200 kg \cdot m \cdot menit⁻¹) (50–200 W); oleh karena itu, kehati-hatian harus digunakan jika mengekstrapolasi beban kerja di luar kisaran ini. Namun sebagian besar kesalahan yang terlibat dalam memperkirakan VO_2max dari respon HR submaksimal terjadi sebagai hasil dari memperkirakan $HRmax$ (lihat Gambar 5). Perekaman HR submaksimal yang akurat juga penting, karena ekstrapolasi memperbesar bahkan kesalahan terkecil. Selain itu, kesalahan dapat dikaitkan dengan irama mengayuh yang tidak akurat (beban kerja), pencapaian HR kondisi tunak yang tidak tepat, dan ekstrapolasi laju kerja ke konsumsi oksigen pada intensitas maksimal. Akhirnya, administrator tes harus mengenali kesalahan yang terkait dengan $HRmax$ yang diprediksi usia (lihat Gambar 5) dan harus memantau subjek selama tes untuk memastikan tes tetap submaksimal (American College of Sports Medicine, 2018).



Denyut jantung (HR) menanggapi dua tingkat kerja submaksimal untuk wanita yang tidak banyak bergerak berusia 40 tahun dengan berat 64 kg. Beban kerja maksimal diperkirakan dengan mengekstrapolasi respons HR terhadap perkiraan usia HR_{max} 180 denyut min^{-1} (berdasarkan $220 - \text{usia}$). Tingkat kerja yang akan dicapai pada HR tersebut ditentukan dengan menurunkan garis dari nilai HR tersebut ke sumbu x. Dua baris lainnya memperkirakan berapa beban kerja maksimal jika HR_{max} sebenarnya subjek adalah ± 1 SD dari nilai menit^{-1} 180 denyut.

(American College of Sports Medicine, 2018)

Gambar 4. Respon Denyut Jantung terhadap Tingkat Kerja

Protokol YMCA yang dimodifikasi adalah contoh yang baik dari tes ergometer siklus submaksimal multistage yang menggunakan dua hingga empat tahap latihan terus menerus selama 3 menit dengan kecepatan pedal konstan 50 rpm. Tahap 1 mengharuskan peserta mengayuh pedal melawan resistensi 0,5 kg (25 W; 150 $\text{kgm} \cdot \text{menit}^{-1}$). Beban kerja untuk tahap 2 didasarkan pada HR kondisi mapan yang diukur selama menit terakhir dari tahap awal (American College of Sports Medicine, 2018):

- HR < 80 bpm — ubah resistensi menjadi 2,5 kg (125 W; 750 $\text{kgm} \cdot \text{menit}^{-1}$)
- HR 80–89 bpm — ubah resistensi menjadi 2,0 kg (100 W; 600 $\text{kgm} \cdot \text{menit}^{-1}$)

- HR 90–100 bpm — ubah resistensi menjadi 1,5 kg (75 W; 450 $\text{kgm} \cdot \text{menit}^{-1}$)
- HR >100 bpm — ubah resistensi menjadi 1,0 kg (50 W; 300 $\text{kgm} \cdot \text{menit}^{-1}$)

Gunakan tahap 3 dan 4 sesuai kebutuhan untuk mendapatkan dua HR kondisi mapan berturut-turut antara 110 bpm dan 70% HRR (85% HR_{max}). Untuk tahap 3 dan 4, resistansi yang digunakan pada tahap 2 meningkat sebesar 0,5 kg (25 W; 150 $\text{kgm} \cdot \text{menit}^{-1}$) per tahap. Tabel normatif untuk protokol YMCA diterbitkan di tempat lain (American College of Sports Medicine, 2018).

Commonly Used Equations for Estimating Maximal Heart Rate		
Author	Equation	Population
Fox et al. (35)	$HR_{max} = 220 - \text{age}$	Small group of men and women
Astrand (8)	$HR_{max} = 216.6 - (0.84 \times \text{age})$	Men and women age 4–34 yr
Tanaka et al. (101)	$HR_{max} = 208 - (0.7 \times \text{age})$	Healthy men and women
Gellish et al. (38)	$HR_{max} = 207 - (0.7 \times \text{age})$	Men and women participants in an adult fitness program with broad range of age and fitness levels
Gulati et al. (47)	$HR_{max} = 206 - (0.88 \times \text{age})$	Asymptomatic middle-aged women referred for stress testing

(American College of Sports Medicine, 2018)

Gambar 5. Persamaan yang Umum Digunakan untuk Memperkirakan Detak Jantung Maksimal

b. *Treadmill Test*

Tes ini memiliki definisi submaksimal yang sama (70% HRR atau 85% dari perkiraan usia HR_{max}) dengan *cycle ergometer test*, dan tahapan tes harus 3 menit atau lebih lama untuk memastikan respons HR kondisi stabil pada setiap tahapan. Nilai HR diekstrapolasi ke HR_{max} yang diprediksi usia, dan VO_{2max} diperkirakan menggunakan rumus pada Gambar 7 dari kecepatan dan/atau grade tertinggi yang akan dicapai jika individu telah bekerja secara maksimal. Protokol treadmill paling umum yang disajikan pada Gambar 6 dapat digunakan, tetapi durasi setiap tahap harus minimal 3 menit (American College of Sports Medicine, 2018).

TREADMILL PROTOCOLS											
METS	CYCLE ERGOMETER	RAMP		MODIFIED BRUCE 3 min Stages		BRUCE 3 min Stages		NAUGHTON 2 min Stages		MODIFIED NAUGHTON (CHF) 2 min Stages	
	FOR 70 KG BODY WEIGHT			MPH	%GR	MPH	%GR				
21				6.0	22	6.0	22				
20											
19	1 WATT = 6.1 Kpm/min										
18				5.5	20	5.5	20				
17											
16											
15	Kpm/min			5.0	18	5.0	18				
14	1500	PER 30 SEC								MPH	%GR
		MPH	%GR								
13		3.0	25.0	4.2	16	4.2	16			3.0	25
		3.0	24.0							3.0	22.5
12	1350	3.0	23.0							3.0	20
		3.0	22.0								
11	1200	3.0	21.0							3.0	17.5
		3.0	20.0								
10	1050	3.0	19.0	3.4	14	3.4	14			3.0	15
		3.0	18.0								
9		3.0	17.0					MPH	%GR	3.0	12.5
		3.0	16.0					2	17.5		
8	900	3.0	15.0							3.0	10
		3.0	14.0					2	14.0		
7	750	3.0	13.0	2.5	12	2.5	12			3.0	7.5
		3.0	12.0								
6	600	3.0	11.0							3.0	10.5
		3.0	10.0							2.0	7.0
5	450	3.0	9.0	1.7	10	1.7	10	2	10.5	2.0	7.0
		3.0	8.0					2	7.0		
4	300	3.0	7.0							2.0	3.5
		3.0	6.0					2	3.5		
3	150	3.0	5.0	1.7	5					1.5	0
		3.0	4.0					2	0		
2		3.0	3.0	1.7	0					1.0	0
		3.0	2.0					1	0		
1		3.0	1.0								
		2.5	0								
		1.5	0								
		1.0	0								
		0.5	0								

MET, metabolic equivalents of task; MPH, miles per hour; %GR, percent grade, KPM, kilopond meter; min, minute; kg, kilogram; CHF, congestive heart failure. METS mencerminkan nilai perkiraan untuk setiap tahap.

(American College of Sports Medicine, 2018)

Gambar 6. Treadmill Umum dan Protokol Ergometri Siklus Stasioner yang Digunakan dalam Pengujian Latihan Maksimal

c. Step Tests

Step tests juga digunakan untuk memperkirakan VO_{2max} . Astrand dan Ryhming menggunakan tinggi langkah tunggal 33 cm (13 inci) untuk wanita dan 40 cm (15,7 inci) untuk pria dengan kecepatan 22,5 langkah \cdot min⁻¹ (saat menghitung hanya kaki depan) selama 5 menit. Tes ini membutuhkan VO_2 masing-masing sekitar 25,8 dan 29,5 mL \cdot kg⁻¹ \cdot min⁻¹. Karena itu, tes langkah bukanlah pilihan modalitas yang baik untuk klien yang kurang fit atau sakit. HR diukur pada

menit terakhir seperti yang dijelaskan untuk tes ergometer siklus Astrand-Rhyming, dan VO_2max diperkirakan dari nomogram (lihat Gambar 3). Tes langkah multistage juga dimungkinkan. Maritz dkk. menggunakan tinggi langkah tunggal 12 inci (30,5 cm) dan kecepatan empat langkah untuk meningkatkan kecepatan kerja secara sistematis. HR kondisi mapan diukur untuk setiap laju langkah, dan garis yang terbentuk dari nilai HR ini diekstrapolasi ke HRmax yang diprediksi usia. Tingkat kerja maksimal ditentukan seperti yang dijelaskan untuk tes siklus YMCA. VO_2max dapat diperkirakan dari rumus langkah pada Gambar 7. Tes langkah tersebut harus dimodifikasi agar sesuai dengan populasi yang diuji. *The Canadian Home Fitness* telah menunjukkan bahwa pengujian semacam itu dapat dilakukan dalam skala besar dan dengan biaya rendah (American College of Sports Medicine, 2018).

Alih-alih memperkirakan VO_2max dari respons HR hingga tingkat kerja submaksimal, berbagai macam tes langkah telah dikembangkan untuk mengkategorikan CRF berdasarkan HR pemulihan individu mengikuti tes langkah standar. Ini menghilangkan potensi masalah pengambilan SDM selama melangkah. *The 3-Minute YMCA Step Test* adalah contoh bagus dari tes semacam itu. Tes ini menggunakan bangku berukuran 12 inci (30,5 cm), dengan kecepatan loncatan 24 langkah \cdot min⁻¹ (perkiraan O_2 sebesar 25,8 mL \cdot kg⁻¹ \cdot min⁻¹). Setelah melangkah selesai, subjek langsung duduk, dan HR dihitung selama 1 menit. Penghitungan harus dimulai dalam waktu 5 detik di akhir latihan. Nilai HR digunakan untuk mendapatkan peringkat kualitatif kebugaran dari tabel normatif yang diterbitkan. *The Queens College Step Test* (juga disebut *the McArdle Step Test*) mengharuskan peserta untuk melangkah dengan kecepatan 24 langkah \cdot min⁻¹ untuk pria dan 22 langkah \cdot min⁻¹ untuk wanita selama 3 menit. Tinggi bangku adalah 16,25 inci (41,25 cm). Setelah melangkah selesai, subjek tetap berdiri. Tunggu 5 detik, ambil hitungan 15

detik, dan kalikan HR dengan 4 untuk mengonversi menjadi ketukan $\cdot \text{min}^{-1}$. VO_2max dihitung menggunakan rumus di bawah ini (American College of Sports Medicine, 2018):

Untuk pria:

$$VO_2max \text{ (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{menit}^{-1}) = 111,33 (0,42 \times \text{HR})$$

Untuk wanita:

$$VO_2max \text{ (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{menit}^{-1}) = 65,81 (0,1847 \times \text{HR})$$

Keterangan:

HR = detak jantung (detak $\cdot \text{menit}^{-1}$)

Metabolic Calculations for the Estimation of Energy Expenditure (VO_{2max} [$mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$]) during Common Physical Activities				
Sum of Resting + Horizontal + Vertical/Resistance Components				
Activity	Resting Component	Horizontal Component	Vertical Component/Resistance Component	Limitations
Walking	3.5	$0.1 \times speed^a$	$1.8 \times speed^a \times grade^b$	Most accurate for speeds of $1.9-3.7 \text{ mi} \cdot \text{h}^{-1}$ ($50-100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$)
Running	3.5	$0.2 \times speed^a$	$0.9 \times speed^a \times grade^b$	Most accurate for speeds $>5 \text{ mi} \cdot \text{h}^{-1}$ ($134 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$)
Stepping	3.5	$0.2 \times steps \cdot \text{min}^{-1}$	$1.33 \times (1.8 \times step \text{ height}^c \times steps \cdot \text{min}^{-1})$	Most accurate for stepping rates of $12-30 \text{ steps} \cdot \text{min}^{-1}$
Leg cycling	3.5	3.5	$(1.8 \times work \text{ rate}^d) / \text{body mass}^e$	Most accurate for work rates of $300-1,200 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ($50-200 \text{ W}$)
Arm cycling	3.5	—	$(3 \times work \text{ rate}^d) / \text{body mass}^e$	Most accurate for work rates between $150-750 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ($25-125 \text{ W}$)

^aKecepatan dalam $m \cdot \text{min}^{-1}$.

^bNilai adalah persentase nilai yang dinyatakan dalam format desimal (misalnya $10\% = 0,10$).

^cTinggi langkah dalam m.

Kalikan dengan faktor konversi berikut:

lb ke kg: 0,454; in ke cm: 2,54; ft ke m: 0,3048; mil ke km: 1,609; $\text{mi} \cdot \text{h}^{-1}$ ke $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$: 26,8; $\text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$ ke W: 0,164; W ke $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$: 6,12; O_{2max} $L \cdot \text{min}^{-1}$: 4,9; O_2 MET ke $\text{mL} \cdot \text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$: 3,5.

^dLaju kerja dalam kilogram meter per menit ($\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) dihitung sebagai hambatan (kg) \times jarak per putaran *flywheel* \times frekuensi pedal per menit.

Catatan: Jarak per putaran adalah 6 m untuk *Monark leg ergometer*, 3 m untuk ergometer Tunturi dan BodyGuard, dan 2,4 m untuk *Monark arm ergometer*.

^eBerat badan dalam kg.

VO_{2max} , volume maksimal oksigen yang dikonsumsi per satuan waktu.

(American College of Sports Medicine, 2018)

Gambar 7. Perhitungan Metabolik untuk Perkiraan Pengeluaran Energi (VO_{2max} [$\text{mL} \cdot \text{kg} \cdot \text{menit}^{-1}$]) selama Aktivitas Fisik Umum

2.6 Balke Test

Balke test adalah tes maksimal untuk mengukur kebugaran kardiorespirasi (VO_{2max}) dengan cara berlari atau berjalan sejauh-jauhnya jarak selama 15 menit. Tes ini dikembangkan oleh Bruno Balke pada tahun 1954 untuk menguji VO_{2max} di luar laboratorium. Tes ini umumnya mudah dilakukan,

lebih murah, memakan waktu lebih sedikit, dan memungkinkan untuk menguji beberapa individu sekaligus. Alat yang digunakan diantaranya lapangan dengan panjang lintasan 400 m, stopwatch, peluit, bendera, meteran, dan alat tulis. Pelaksanaannya subjek berlari dengan jarak maksimal selama 15 menit dalam satuan meter dan tidak boleh berhenti diam atau istirahat di dalam lintasan. Semakin jauh jarak yang ditempuh selama 15 menit maka semakin baik daya tahan kardiorespirasi subjek, begitu juga sebaliknya. Peserta tes dianggap gagal jika tidak dapat menyelesaikan waktu tempuh (Adliah, 2012; Artanty & Lufthansa, 2017; Buttar dkk., 2019; Ghomim, 2017; Mackenzie, 2005; Mitchell & Crandall, 2017; Powers & Howley, 2018; Sepdanius dkk., 2019).

Balke test tergolong mudah pelaksanaannya karena memerlukan peralatan yang sederhana, antara lain (Adliah, 2012; Artanty & Lufthansa, 2017; Mitchell & Crandall, 2017):

- a) Lapangan atau lintasan lari 400 m
- b) Stopwatch
- c) Peluit
- d) Bendera
- e) Meteran
- f) Alat tulis

Adapun prosedur pelaksanaan tesnya adalah (Mitchell & Crandall, 2017):

- 1) Peserta berdiri di garis start.
- 2) Bersamaan dengan aba-aba “Ya” peserta mulai berlari seraya penguji menghidupkan stopwatch.
- 3) Setelah 15 menit, penguji memberikan aba-aba berhenti dengan meniup peluit, dimana bersamaan dengan itu stopwatch dimatikan dan peserta menancapkan bendera yang telah disiapkan sebagai penanda jarak yang telah ditempuhnya.
- 4) Penguji mengukur jarak yang telah peserta tempuh selama 15 menit dengan meteran, lalu semua hasil dicatat.

Selanjutnya, hasil jarak tempuh lari selama 15 menit dimasukkan ke dalam rumus sebagai berikut (Mackenzie, 2005; Sepdanius dkk., 2019).

$$VO_2max(ml/kgBB/menit) = \left(\frac{x \text{ meter}}{15} - 133 \right) \times 0,172 + 33,3$$

Balke test dapat digunakan untuk menunjukkan persentase oksigen yang digunakan pada kerja maksimal, atau dengan kata lain hasil tes ini dapat digunakan untuk memprediksi jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk melakukan kerja maksimal. Walaupun membutuhkan lintasan yang cukup luas dan membutuhkan personel yang lebih banyak, antara lain pemberi aba-aba, penhitung jarak tempuh lari, *timer*, dan pencatat hasil, namun tes ini menggunakan alat dan perlengkapan yang cukup sederhana, murah dan mudah didapat, serta dapat mengukur kebugaran banyak orang secara bersamaan dengan hasil yang akurat (Adliah, 2012; Mitchell & Crandall, 2017).

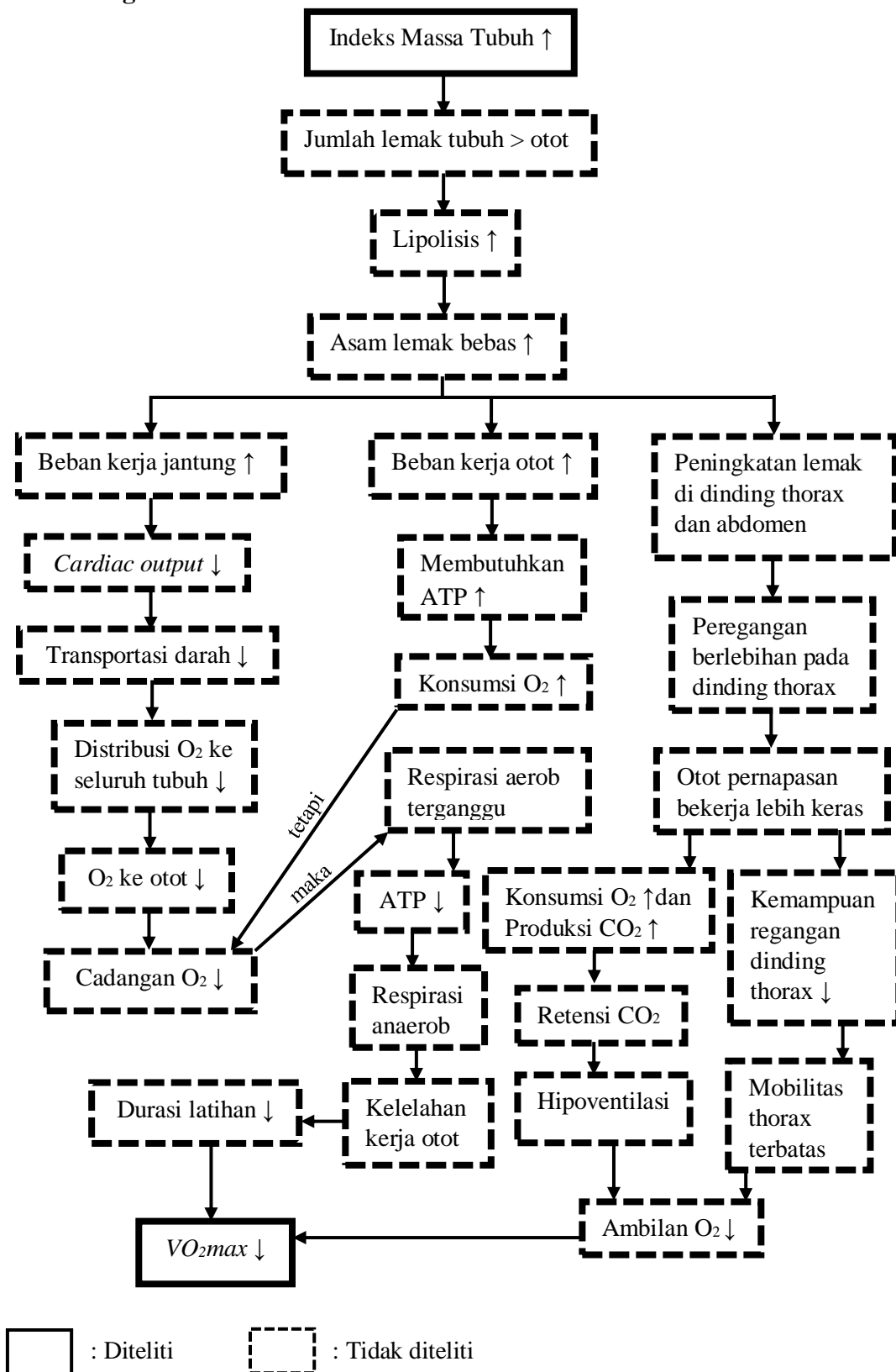
Tabel 3. Klasifikasi VO_2max Berdasarkan Jenis Kelamin dan Usia

Usia (tahun)	Sangat rendah	Rendah	Reguler	Bagus	Sangat bagus	Superior
Pria						
18-27	<31	31-40	41-47	48-53	54-62	>62
28-34	<27	27-37	38-43	44-49	50-61	>61
35-42	<25	25-34	35-42	43-49	50-56	>56
43-51	<19	19-30	31-35	36-42	43-53	>53
52-59	<18	18-25	26-32	33-39	40-49	>49
60-80	<17	17-21	22-25	26-31	32-47	>47
Wanita						
18-27	<21	21-28	29-33	34-38	39-48	>48
28-34	<19	19-26	27-30	31-36	37-45	>45
35-42	<17	17-24	25-30	31-35	36-44	>44
43-51	<16	16-20	21-24	25-32	33-43	>43
52-59	<14	14-18	19-21	22-24	25-30	>30
60-80	<13	13-16	17-19	20-22	23-27	>27

* Nilai VO_2max disajikan dalam ml/kg/menit.

(Dourado dkk., 2021)

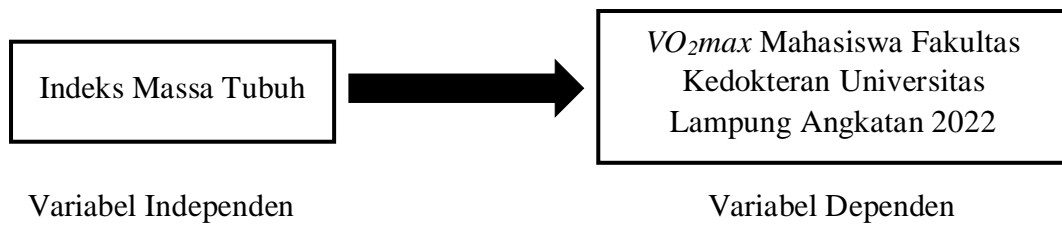
2.7 Kerangka Teori



(Gantarialdha, 2021; Gili dkk., 2021; Hidayah, 2018; Saminan, 2019)

Gambar 8. Kerangka Teori

2.8 Kerangka Konsep



Gambar 9. Kerangka Konsep

2.9 Hipotesis Penelitian

H₀ : Tidak terdapat hubungan antara indeks massa tubuh dengan *VO₂max* mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022.

H₁ : Terdapat hubungan antara indeks massa tubuh dengan *VO₂max* mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian analitik korelatif dengan pendekatan *cross sectional*, dimana penelitian ini akan mencari hubungan antara indeks massa tubuh dan VO_{2max} mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Stadion Pahoman Bandar Lampung karena lintasan berstruktur dan tidak bergelombang, tidak licin, dan tidak terlalu banyak belokan tajam dengan panjang lintasan 400 m.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam satu kali pertemuan pada bulan November 2022.

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

3.3.1 Populasi Penelitian

Populasi dari penelitian ini adalah seluruh mahasiswa aktif Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022 yang berjenis kelamin laki-laki yaitu sebanyak 84 orang.

3.3.2 Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah seluruh populasi yang memenuhi kriteria yang telah ditentukan, yakni kriteria inklusi dan eksklusi.

a. Kriteria Inklusi

Kriteria inklusi penelitian ini di antaranya:

1. Laki-laki berusia 18-27 tahun.
2. Memiliki kondisi sehat jasmani saat tes dilakukan, berupa hasil pemeriksaan tanda-tanda vital yang normal.
3. Bersedia menjadi subjek penelitian dan mengikuti semua prosedur penelitian dengan mengawali penandatanganan *informed consent*.
4. Dapat melakukan *Balke test* dengan benar.

b. Kriteria Eksklusi

Kriteria eksklusi penelitian ini di antaranya:

1. Kondisi pasca operasi 6 bulan terakhir.
2. Memiliki kebiasaan merokok dan/atau minum minuman beralkohol.
3. Rutin melakukan latihan fisik yang berdampak pada fungsi kardiovaskular, yakni 3-5 kali dalam seminggu dengan durasi 20-60 menit setiap latihan.

3.4 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik *total sampling* dengan mempertimbangkan kriteria inklusi dan eksklusi.

3.5 Besar Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah seluruh populasi yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi dengan jumlah minimal sampel sebanyak 36 orang yang dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini.

$$n = \left\{ \frac{Z\alpha + Z\beta}{0,5 \ln[(1+r)/(1-r)]} \right\}^2 + 3$$

$$n = \left\{ \frac{1,96 + 0,84}{0,5 \ln[(1+0,45)/(1-0,45)]} \right\}^2 + 3$$

$$n = \left\{ \frac{2,8}{0,4847} \right\}^2 + 3$$

$$n = 33,371 + 3$$

$$n = 36,371$$

$$n = 36$$

Keterangan:

n = jumlah minimal sampel

$Z\alpha$ = defiat baku alfa (ditetapkan sebesar 5%, hipotesis 2 arah sehingga nilainya 1,96)

$Z\beta$ = defiat baku beta (ditetapkan sebesar 20%, hipotesis 2 arah sehingga nilainya 0,84)

r = korelasi minimal yang dianggap bermakna (ditetapkan sebesar 0,45)

Untuk menghindari *drop out*, peneliti menambahkan 10% dari jumlah sampel yakni sebanyak 4 orang, sehingga jumlah sampel total adalah 40 orang.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data primer yaitu data yang diperoleh langsung dari pengukuran indeks massa tubuh (IMT) dan VO_2max pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022.

3.7 Pengolahan dan Analisis Data

3.7.1 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan melalui tahap-tahap sebagai berikut:

1. *Editing*

Pada tahap ini data diperiksa ketepatan dan kelengkapannya, dan apabila ada data yang belum lengkap ataupun ada kesalahan data, maka segera diperbaiki.

2. *Coding*

Pada tahap ini data yang sudah terkumpul diberi kode secara manual oleh peneliti sebelum diolah dengan program komputer.

3. *Data entry*

Pada tahap ini data yang sudah diberi kode sebelumnya dimasukkan ke dalam program SPSS (*Statistical Package for the Social Science*) komputer.

4. *Cleaning*

Pada tahap ini dilakukan pengecekan kembali adanya kesalahan kode, ketidaklengkapan, dan sebagainya, kemudian dilakukan pembetulan.

5. *Saving*

Pada tahap ini, data selanjutnya disimpan dan siap untuk dianalisis.

3.7.2 Analisa Data

1. Analisis Univariat

Analisis univariat digunakan untuk membandingkan gambaran deskriptif dari masing-masing variabel penelitian yaitu indeks massa tubuh dan VO_{2max} . Hasil pengolahan data disajikan dalam bentuk tabel frekuensi dan distribusi. Analisis univariat dilakukan untuk menunjukkan frekuensi dan tendensi sentral (mean, median,

modus) dan standar deviasi. Analisis univariat dilakukan dengan memasukkan data secara terpisah pada tabel distribusi frekuensi.

2. Analisis Bivariat

Analisis bivariat digunakan untuk menggambarkan hubungan antara variabel independen dan variabel dependen. Analisis data penelitian ini menggunakan program SPSS versi 20. Jumlah sampel yang dibutuhkan dalam penelitian ini tidak lebih dari 50, oleh karena itu digunakan uji Shapiro-Wilk untuk uji normalitas. Kemudian korelasi indeks massa tubuh dengan VO_2max dianalisis menggunakan uji korelasi Spearman karena data tidak berdistribusi normal. Apabila didapatkan $p < 0,05$ maka dinyatakan H_0 ditolak dan H_1 diterima. Sedangkan, apabila didapatkan $p > 0,05$ maka dinyatakan H_0 diterima dan H_1 ditolak.

3.8 Variabel Penelitian

3.8.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah indeks massa tubuh (IMT).

3.8.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah VO_2max .

3.9 Definisi Operasional

Tabel 4. Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Satuan	Skala
1.	Indeks massa tubuh (IMT)	Indeks massa tubuh (IMT) merupakan indikator status gizi untuk mengetahui komposisi tubuh seseorang, dengan perhitungan berat badan	Mengukur berat badan dan tinggi badan kemudian memasukkan nya ke dalam rumus: $IMT (kg/m^2) = \frac{BB (kg)}{(TB (m))^2}$	Timbangan pijak dan <i>microtome stature meter</i>	Skor yang menunjukkan indeks massa tubuh masing-masing subjek penelitian.	kg/m ²	Numerik

Tabel 4 (lanjutan)

		(kilogram) dibagi tinggi badan kuadrat (meter).					
2.	VO_2max	VO_2max adalah konsumsi oksigen maksimum selama latihan, yaitu titik di mana konsumsi oksigen stabil (plateau) dan tidak muncul (atau hanya meningkat sedikit) bahkan setelah menambah beban latihan.	Mengukur VO_2max subjek dengan menggunakan metode <i>Balke test</i> . Prosedur pelaksanaannya adalah: (1) Peserta berdiri di garis start, (2) Bersamaan dengan aba-aba "Ya" peserta mulai berlari seraya penguji menghidupkan stopwatch, (3) Setelah 15 menit, penguji memberikan aba-aba berhenti, dimana bersamaan dengan itu stopwatch dimatikan dan peserta menancapkan bendera yang telah disiapkan sebagai penanda jarak yang telah ditempuhnya, (4) Penguji mengukur jarak yang telah peserta tempuh selama 15 menit dengan meteran, lalu	Lapangan atau lintasan lari 400 m, stopwatch, peluit, bendera, meteran, dan alat tulis.	Skor yang menunjukkan nilai VO_2max masing-masing subjek penelitian.	ml/kgBB/menit	Numerik

Tabel 4 (lanjutan)

			<p>semua hasil dicatat. Selanjutnya, hasil jarak tempuh lari selama 15 menit dimasukkan ke dalam rumus untuk mendapatkan nilai VO_2max.</p> <p>Rumus:</p> $VO_2max(ml/kgBB/menit) = \left(\frac{x \text{ meter}}{15} - 133 \right) \times 0,172 + 33,3$				
--	--	--	---	--	--	--	--

3.10 Instrumen, Teknik Pengambilan Data, dan Alur Penelitian

3.10.1 Instrumen Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya:

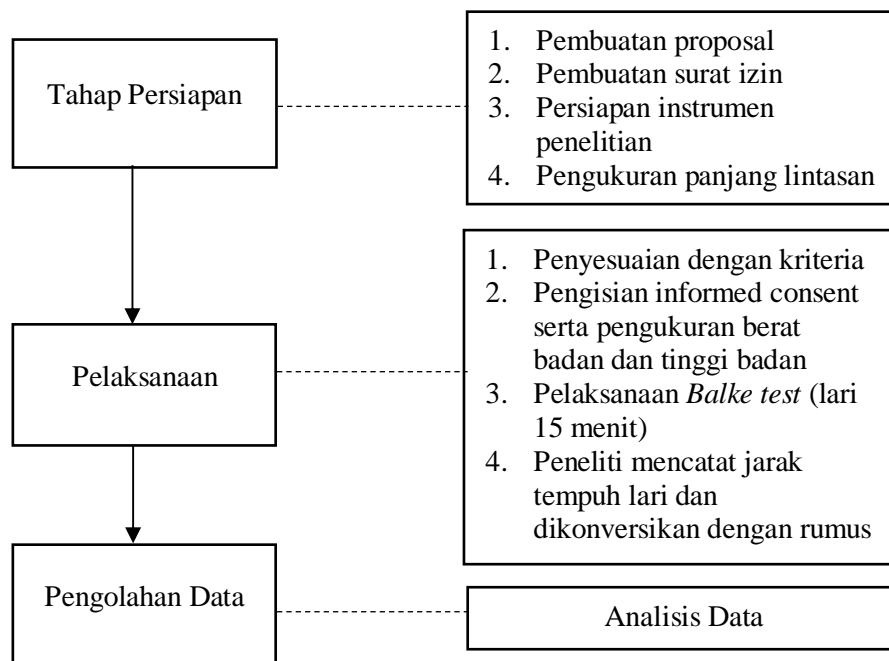
- a. *Microtoise*
- b. Timbangan berat badan
- c. *Stopwatch*
- d. Alat tulis
- e. Peluit
- f. Bendera
- g. Meteran

3.10.2 Teknik Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh secara langsung dari pengukuran yang meliputi berat badan,

tinggi badan, waktu tempuh, dan VO_{2max} dengan menggunakan metode *Balke test*.

3.10.3 Alur Penelitian



Gambar 10. Alur Penelitian

3.11 Etika Penelitian

Penelitian dengan judul Hubungan Indeks Massa Tubuh dengan VO_{2max} Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung Angkatan 2022 telah mendapatkan persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dengan nomor surat 4048/UN26.18/PP.05.02.00/2022.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi yang bermakna antara indeks massa tubuh dengan VO_{2max} mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2022.

5.2 Saran

Saran yang dapat peneliti berikan berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut.

5.2.1 Bagi Masyarakat

Disarankan untuk meningkatkan aktivitas fisik dan menjaga berat badan ideal dalam upaya menurunkan risiko obesitas dan dampak buruk bagi kesehatan.

5.2.2 Bagi Pemerintah

Diharapkan untuk memperkuat regulasi mengenai penyelenggaraan kegiatan olahraga di seluruh masyarakat agar menjadi solusi penurunan risiko obesitas serta penyakit kardiovaskular dan penyakit metabolik.

5.2.3 Bagi Peneliti Selanjutnya

Disarankan untuk melakukan penelitian dengan menggunakan variabel-variabel lain seperti usia, jenis kelamin, aktivitas fisik, maupun komposisi tubuh yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adidharma NC. 2016. Karakteristik tingkat kebugaran kardiorespirasi siswa kelas 6 SD di Desa Mengwitani tahun 2014. *E-Jurnal Medika*. 5(5):1–7.
- Adliah F. 2012. Hubungan Antara Aktivitas Fisik dengan Tingkat VO_2 maks pada ahasiswa Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makassar tahun 2012 [skripsi]. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Alfarisi R. 2014. Pengaruh kebugaran jasmani, aktifitas fisik, dan indeks massa tubuh terhadap indeks prestasi kumulatif (IPK) mahasiswa Kedokteran Universitas Malahayati Bandar Lampung. *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*. 1(1):54–62.
- Alfarisi R, Rivai PP. 2017. Hubungan indeks massa tubuh terhadap ketahanan kardiorespirasi diukur dari VO_2 max pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Malahayati. *Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan*. 4(2):67–73.
- Alimardani A, Beni MA, Deheshti M, Alimardani M. 2012. Relationship between physical fitness and anthropometric indicators in non-athlete students. *Annals of Biological Research*. 3(9):4617–4621.
- American College of Sports Medicine. 2018. American College of Sports Medicine's guidelines for exercise testing and prescription. Edisi 10. Philadelphia (PA): Wolters Kluwer Health.
- Andriani R. 2016. Hubungan antara indeks massa tubuh dan aktivitas fisik dengan volume oksigen maksimum [skripsi]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Artanty A, Lufthansa L. 2017. Pengaruh latihan lari 15 menit terhadap kemampuan VO_2 max. *Jendela Olahraga*. 2(2):9–19.

- Budiarto RA. 2012. Hubungan antara indeks massa tubuh dan nilai volume oksigen maksimal (VO_2 maks) pada mahasiswa Apikes Citra Medika Surakarta [skripsi]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Buttar KK, Saboo N, Kacker S. 2019. A review: maximal oxygen uptake (VO_2 max) and its estimation methods. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*. 6(6):24–32.
- Cieśła E, Mleczko E, Bergier J, Markowska M, Nowak-Starz G. 2014. Health-related physical fitness, BMI, physical activity and time spent at a computer screen in 6 and 7-year-old children from rural areas in Poland. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 21(3):617–621.
- de Araujo SS, Miguel-dos-Santos R, Silva RJS, Cabral-de-Oliveira AC. 2015. Association between body mass index and cardiorespiratory fitness as predictor of health status in Schoolchildren. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*. 8(2):73–78.
- Dharmansyah RP. 2019. Pengaruh mendaki gunung terhadap perubahan saturasi oksigen pada peserta Diksar Marsipala Untar tahun 2017 [skripsi]. Jakarta: Universitas Tarumanagara.
- Diani YH. 2018. Faktor-faktor yang berhubungan dengan obesitas pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Kristen Indonesia. *Jurnal Ilmiah WIDYA*. 5(1):1–5.
- Dourado VZ, Nishiaka RK, Simões MSMP, Lauria VT, Tanni SE, Godoy I dkk. 2021. Classification of cardiorespiratory fitness using the six-minute walk test in adults: comparison with cardiopulmonary exercise testing. *Pulmonology*. 27(6):500–508.
- Faiq AR, Zulhamidah Y, Widayanti E. 2018. Gambaran sedentary behaviour dan indeks massa tubuh mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas YARSI di masa pendidikan tahun pertama dan kedua. *MAJALAH SAINSTEKES*. 5(2):66–73.

- Fauzan AS. 2018. Hubungan indeks massa tubuh (IMT) dengan usia menarche pada siswi SMP Harapan-1 Medan [skripsi]. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Fox SI. 2011. Human physiology. Edisi 12. New York City: McGraw-Hill.
- Gantarialdha N. 2021. Hubungan profil antropometri dengan $VO_2\max$ pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung angkatan 2018 [skripsi]. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Gantarialdha N. 2021. Hubungan indeks massa tubuh terhadap ketahanan kardiorespirasi dinyatakan dalam $VO_2\max$. Jurnal Medika Utama. 2(4):1162–1168.
- Ghomim S. 2017. Hubungan antara kebugaran (*six minute walking test*) dengan aktivitas fisik, status gizi, asupan nutrisi, status kesehatan dan perilaku merokok pada calon jamaah haji di Desa Mojosari [skripsi]. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Gili SS, Pramita I, Permadi AW. 2021. Hubungan obesitas pada anak terhadap mobilitas thorax saat inspirasi di Desa Tegal Kertha, Kecamatan Denpasar Barat, Kota Denpasar, Bali. Physiotherapy Health Science. 3(2):58–66.
- Hall JE. 2016. Guyton and Hall textbook of medical physiology. Edisi 13. Philadelphia (PA): Elsevier.
- Hidayah I. 2018. Peningkatan kadar asam laktat dalam darah sesudah bekerja. The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health. 7(2):141–131.
- Irianto. 2016. Korelasi indeks massa tubuh dengan kebugaran kardiorespirasi pada siswa SMA Sutomo 2 Medan [skripsi]. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Jayusfani R, Afriwardi, Yerizel E. 2015. Hubungan IMT (indeks massa tubuh) dengan ketahanan (*endurance*) kardiorespirasi pada mahasiswa Pendidikan Dokter Unand 2009-2012. Jurnal Kesehatan Andalas. 4(2):409–414.
- Kalyanshetti SB, Veluru S. 2017. A cross-sectional study of association of body mass index and VO_2 max by nonexercise test in medical students. National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology. 7(2):228–231.

- Mackenzie B. 2005. 101 Performance Evaluation Tests. London: Electric Word.
- Mitchell RD, Crandall C. 2017. Validation of the 15 minute Balke field test for competitive, adult 5k runners: from treadmill VO_2 max testing to enhancing performance. *American Journal of Sports Science and Medicine*. 5(3):44–47.
- Mubarak R. 2018. Efektivitas latihan berjalan terhadap kapasitas fungsional dan fungsi keseimbangan pada calon jemaah haji dewasa sehat [tesis]. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Novitasari A, Setiarini A. 2020. Hubungan komposisi tubuh dengan nilai volume oksigen maksimal (VO_2 maks) pada atlet pria kelompok usia remaja dan dewasa awal (10-30 tahun): systematic review. *Jurnal Kesehatan Komunitas*. 6(1):7–12.
- Nugraha AR, Berawi KN. 2017. Pengaruh high intensity interval training (HIIT) terhadap kebugaran kardiorespirasi. *Majority*. 6(1):1–5.
- P2PTM Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2019. Tabel batas ambang indeks massa tubuh (IMT). Tersedia dari: <http://p2ptm.kemkes.go.id/infographic-p2ptm/obesitas/tabel-batas-ambang-indeks-massa-tubuh-imt>
- Pandey K, Singh V, Upadhyay AK, Shukla AD, Asthana AB, Kumar D. 2014. Effect of BMI on maximum oxygen uptake of high risk individuals in a population of Eastern Uttar Pradesh. *Indian Journal of Community Health*. 26(1):20–24.
- Par'i HM, Wiyono S, Harjatmo TP. 2017. Penilaian status gizi. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Powers SK, Howley ET. 2018. Exercise physiology: theory and application to fitness and performance. Edisi 10. New York City: McGraw-Hill Education.
- Riskawati YK, Prabowo ED, Rasyid HA. 2018. Tingkat aktivitas fisik mahasiswa program studi Pendidikan Dokter tahun kedua, ketiga, keempat. *Majalah Kesehatan*. 5(1):26–32.

- Saminan. 2019. Efek kelebihan berat badan terhadap pernafasan. *Jurnal Kedokteran Nanggroe Medika*. 2(4):27–33.
- Saniyyah A. 2020. Hubungan status gizi dengan tingkat kebugaran kardiorespirasi pada siswa kelas IV dan V SDN 13 Sungai Pisang Padang [skripsi]. Padang: Universitas Andalas.
- Sepdanius E, Rifki MS, Komaini A. 2019. Tes dan pengukuran olahraga. Depok: PT RajaGrafindo Persada.
- Teresa S. 2017. Hubungan body mass index dan persentase lemak tubuh dengan volume oksigen maksimal pada dewasa muda [skripsi]. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Teresa S, Widodo S, Winarni TI. 2018. Hubungan body mass index dan persentase lemak tubuh dengan volume oksigen maksimal pada dewasa muda. *Jurnal Kedokteran Diponegoro*. 7(2):840–853.
- Tomkinson GR, Annandale M, Ferrar K. 2013. Global changes in cardiovascular endurance of children and youth since 1964: systematic analysis of 25 million fitness test results from 28 countries. *Circulation*. 128(22).
- Utami D, Setyarini GA. 2017. Faktor-faktor yang mempengaruhi indeks massa tubuh pada remaja usia 15-18 tahun di SMAN 14 Tangerang. *Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan*. 4(3):207–215.
- Utami TWW, Bebasari E, Ernalina Y. 2015. Relationship of physical activity levels with genesis obesity in Faculty of Medicine University of Riau generation 2012 & 2013. *JOM FK*. 2(2):1–12.
- Wardana ING, Widianti IGA, Wirata G. 2018. Testosterone increases corpus cavernous smooth muscle cells in oxidative stress-induced rodents (Sprague-Dawley). *Bali Medical Journal*. 7(2):313–322.
- Weir CB, Jan A. 2022. BMI classification percentile and cut off points. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.

Wibowo C, Dese DC. 2019. Hubungan indeks masa tubuh dengan $VO_2\text{max}$ pada atlet bolabasket. *Physical Education, Health and Recreation*. 3(2):19–25.

Wijaya GBR, Muliarta IM, Permana P. 2020. Faktor-faktor yang berpengaruh pada indeks massa tubuh (IMT) pada anak sekolah menengah atas (SMA) di Kecamatan Buleleng, Bali, Indonesia tahun 2016. *Intisari Sains Medis*. 11(1): 223–227.

World Health Organization. 2010. A healthy lifestyle. Tersedia dari: <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle--who-recommendations>