

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 IMT

2.1.1.1 Definisi IMT

Menurut Nuttall, 2015 Indeks Massa Tubuh (IMT) merupakan hasil pengukuran secara kuantitatif sederhana yang pada saat ini dipakai untuk mendefinisikan karakteristik antropometri menurut berat badan / berat badan pada individu dan digunakan untuk mengklasifikasikan (mengkategorikan) setiap individu ke dalam kelompok-kelompok. IMT juga digunakan secara luas sebagai indikator faktor risiko terhadap perkembangan berbagai isu kesehatan. Selain itu IMT sangat berguna dalam studi berbasis populasi, hal ini dikarenakan metode yang sederhana dari penghitungan IMT itu sendiri (Nuttall, 2015).

Indeks Massa Tubuh (IMT) adalah ukuran umum yang digunakan dalam menghitung berat badan seseorang yang dikaitkan dengan tinggi badan orang tersebut. Penghitungan ini di kembangkan oleh Adolphe Quetelet pada awal abad ke 19 dan dimaksudkan untuk penelitian pada level populasi daripada penilaian perorangan. Selain itu IMT memiliki peran sebagai nilai yang penting dalam mengkaji kesehatan secara menyeluruh dari suatu populasi dan mengidentifikasi tren distribusi dalam berat badan pada suatu kelompok (Muscogiuri et al., 2023).

Indeks Massa Tubuh (IMT) seseorang dapat ditentukan dengan menghitung berat badan (kg) dibagi dengan tinggi badan (m) persegi (koyama, 2023). Merujuk pada metode yang disarankan oleh WHO dalam penghitungan IMT, subjek pertama-tama melakukan penimbangan berat badan dan pengukuran tinggi badan menggunakan timbangan berat badan dan *microtoise*, kemudian nilai yang dihasilkan dimasukkan ke dalam rumus berikut :

$$IMT = \frac{\text{berat badan (kg)}}{\text{tinggi badan}^2 (\text{m}^2)}$$

Nilai IMT untuk dewasa 20 tahun lebih, diinterpretasikan menurut satuan kgBB/m². Dalam mengkategorikannya IMT dikelompokkan ke dalam 6 kategori yaitu *Underweight* (<18,5), normal (18,5-22,9), *Overweight* (≥23), dengan risiko (23-24,9) Obesitas tipe 1 (25-29,9), Obesitas tipe 2 (≥30). Terdapat perbedaan pengkategorian pada populasi asia dan eropa, hal ini dikarenakan terdapat perbedaan *cut-off* untuk kategori overweight dan obesitas yang lebih rendah dari kriteria WHO secara umum (World Health Organization. Regional Office for the Western Pacific., 2000).

Tabel 2. 1 Klasifikasi IMT pada Asia Dewasa (WHO)

Klasifikasi	IMT (kg/m ²)
<i>Underweight</i>	<18,5
<i>Normal range</i>	18,5-22,9
<i>overweight</i>	≥23
<i>At risk</i>	23-24,9
<i>Obese I</i>	25-29,9
<i>Obese II</i>	≥30

Sumber : World Health Organization. Regional Office for the Western Pacific., 2000

Namun pada pengkategorian IMT antara WHO dan Kemenkes terdapat perbedaan, yang mana pada WHO terbagi menjadi 6 kategori sedangkan pada klasifikasi menurut Kemenkes terbagi menjadi 5 yaitu sangat kurus, kurus, normal, gemuk (*overweight*), obese. Perbedaan tersebut dikarenakan disesuaikan dengan data antropometri dan data prevalensi penyakit tidak menular di Indonesia. Klasifikasi IMT menurut Kemenkes dijelaskan pada PGN (Pedoman Gizi Nasional) tahun 2014.

Tabel 2. 2 Klasifikasi IMT (Kemenkes)

Kategori	IMT
Sangat Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat <17
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat ringan 17- <18,5
Normal	18,5 - 25,0
Gemuk (Overweight)	Kelebihan berat badan tingkat ringan >25,0 - 27,0
Obese	Kelebihan berat badan tingkat berat > 27,0

Sumber : Pedoman Gizi Nasional, 2014

2.1.1.2 Faktor yang Mempengaruhi IMT

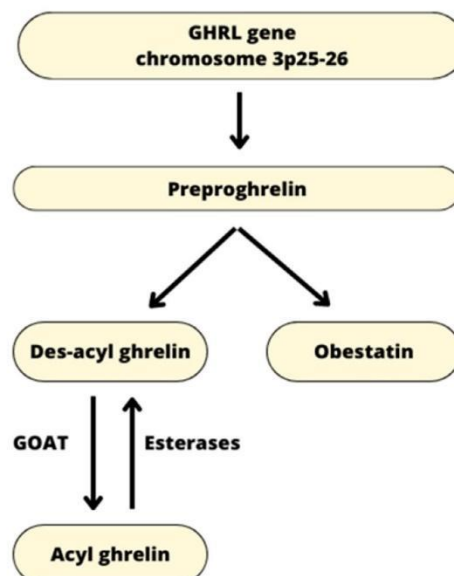
Faktor yang dapat mempengaruhi IMT merupakan proses kompleks yang saling berkaitan yang mana tiap proses memiliki kontribusi terhadap perkembangan berat badan dan obesitas. Banyak faktor yang terlibat di dalam proses peningkatan berat badan dan obesitas baik, budaya, *eating behavior*, dan aktivitas fisik. Selain itu banyak faktor internal yang mendorong berkembangnya obesitas seperti genetik, jenis kelamin, dan hormonal (Kamaruddin et al., 2023). Namun nampaknya tren peningkatan status obesitas secara global tidak dapat diterima apabila dikaitkan dengan pengaruh genetik seperti gen. Peningkatan nilai IMT lebih banyak dikaitkan dengan perilaku hidup suatu individu tersebut, seperti budaya konsumsi makanan cepat saji yang tinggi kalori, perilaku *emotional eating* dan juga *sedentary lifestyle* atau kurangnya aktivitas fisik atau ketika seseorang menghabiskan lebih dari 6 jam untuk berbaring dan duduk. Hal tersebutlah yang sering dikaitkan dengan peningkatan nilai IMT hingga memasuki kriteria obesitas (Gioia et al., 2022). Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi IMT :

a. Hormonal

Ghrelin sering disebut sebagai “hormon lapar”, memainkan peran penting dalam mengatur nafsu makan dan keseimbangan

energi tubuh. Ghrelin merupakan hormon peptida gastrointestinal yang bekerja dengan berikatan dengan *endogenous ligand Growth Hormone Secretagogue Receptor* (GHSR) 1a, yang dapat menstimulasi pelepasan Hormon Pertumbuhan (Growth Hormone). Ghrelin diproduksi oleh *X/A-like cells* di mukosa usus. Selain itu hormon tersebut dapat ditemukan di kelenjar pituitari, korteks otak, hipotalamus, kelenjar adrenal, hipokampus, pankreas, dan di berbagai jaringan tubuh manusia (Gajewska & Strzelecki, 2023).

Produksi hormon ghrelin dimulai dari bentuk sederhananya sebagai *human pro ghrelin* GHRL *gene* yang terdapat di kromosom 3p25-26. Selanjutnya hormon tersebut diubah oleh enzim sebagai *des-acyl ghrelin* (DAG). DAG tersebut akan dimodifikasi di retikulum endoplasma menjadi acyl-ghrelin sebagai bentuk akhir hormon ghrelin.

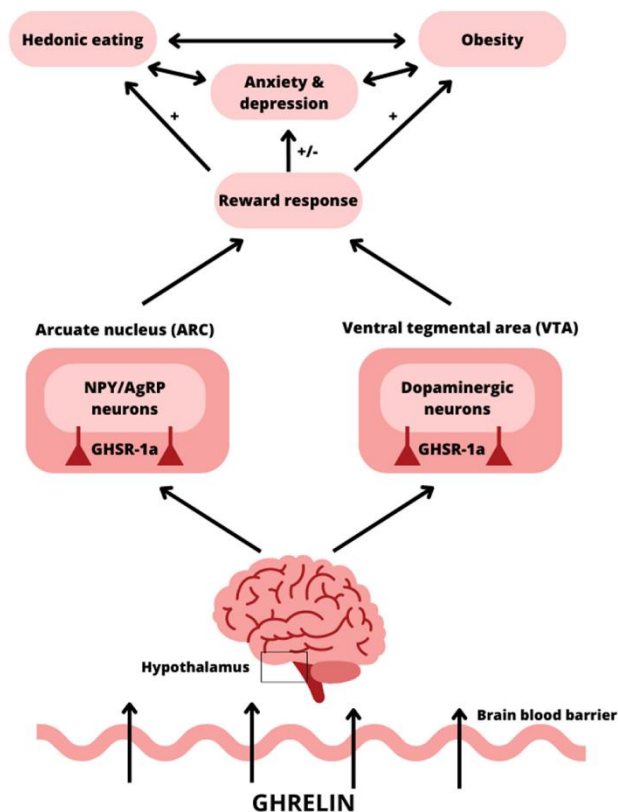


Gambar 2. 1 Gambaran Sistematis Alur Produksi Hormon Ghrelin

Sumber : <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/18/3960>

Situs kerja hormon ghrelin utamanya berada di otak yaitu pada bagian hipotalamus. Pada hipotalamus ghrelin bekerja di dua tempat utama yaitu di nukleus arkuata (ARC) dan *ventral tegmental*

area (VTA) dengan menimbulkan respon *reward*. Bentuk dari respon tersebut seperti meningkatkan nafsu makan dan juga meningkatkan *food intake*, peningkatan tersebut apabila tidak dikontrol dapat mengakibatkan peningkatan berat badan hingga terjadi obesitas (Gajewska & Strzelecki, 2023; Guia et al., 2020).



Gambar 2. 2 Diagram Skematik Kerja Hormon Ghrelin di Otak

Sumber : <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/18/3960>

b. Jenis Kelamin

Oleh peneliti sebelumnya jenis kelamin laki laki berisiko mengalami *overweight* atau obesitas. Dalam analisis statistik didapatkan odd ratio (OR) sebesar 2,168, yang artinya remaja laki-laki 2,168 kali lebih berisiko mengalami *overweight* atau obesitas (Kamaruddin et al., 2023). Laki-laki lebih rentan terkena obesitas karena beberapa faktor yang terkait dengan komposisi tubuh, distribusi jaringan adiposa, dan metabolisme yang berbeda antara laki-laki dan perempuan (Muscogiuri et al., 2024).

Pada kelompok populasi laki-laki biasanya memiliki distribusi jaringan adiposa yang lebih sentral (android), yang dikaitkan dengan konsekuensi metabolik negatif seperti peningkatan kadar insulin postprandial, asam lemak bebas, dan trigliserida. Selain itu, prevalensi obesitas di antara laki-laki lebih tinggi dibandingkan dengan perempuan di beberapa negara, seperti yang dilaporkan di Italia, di mana prevalensi obesitas di antara laki-laki adalah 51% dibandingkan dengan 34% pada perempuan. Faktor-faktor hormonal juga mempengaruhi kebiasaan makan dan respons terhadap obat anti-obesitas, yang menunjukkan bahwa terapi obat mungkin perlu disesuaikan dengan jenis kelamin pasien (Muscogiuri et al., 2024). Namun prevalensi kelebihan berat badan dan obesitas yang dijelaskan oleh Muscogiuri berbeda menurut data global yang menyebutkan bahwa, prevalensi kelebihan berat badan dan obesitas secara global mencapai angka 43% (43% laki-laki dan 44% perempuan) hal ini berarti lebih dari 2,25 miliar orang mengalami kelebihan berat badan dan 890 juta orang mengalami obesitas (WHO, 2024).

Di Indonesia prevalensi kelebihan berat badan dan obesitas dijelaskan pada riskesdas 2018 yang mencapai 13,6% mengalami berat badan berlebih dan 21,8% orang mengalami obesitas. Dimana 14,5 % laki laki dan 29,3% perempuan di Indonesia mengalami obesitas (Riskesdas, 2018). Pada tahun 2023 Survei Kesehatan Indonesia menjelaskan terdapat peningkatan prevalensi dari obesitas sebesar 9,4% menjadi 31,2 % orang di Indonesia mengalami obesitas (SKI, 2023).

c. Perilaku makan

Penilaian *eating behavior* atau perilaku makan menggunakan metode pemberian kuisisioner *Child Eating Behavior Questionnaire* (CEBQ) dengan menilai 8 subscale, *Enjoyment of food* (EF), *Food Responsiveness* (FR), *Emotional Overeating* (EOE), *Desire for*

Drinks (DD), *Satiety responsiveness (SR)*, *Slowness in eating (SE)*, *Emotional undereating (EUE)*, *Food Fussiness (FF)*. Pada penilaian tersebut akan terbagi kedalam kategori yaitu *pro-intake* dan *anti-intake*. Penelitian tersebut dilakukan pada 240 anak sekolah di Portugal didapati nilai tinggi pada *pro-intake* dan terdapat peningkatan risiko kenaikan IMT. Pada penelitian tersebut peningkatan nilai IMT diakibatkan karena rendahnya nilai *satiety response* dan tingginya nilai *food enjoyment* pada penilaian subscale CEBQ (Calder et al., 2023).

Perilaku makan secara signifikan berkaitan dengan peningkatan nilai IMT dan faktor risiko kegemukan atau obesitas. Hal ini didukung pada penelitian sebelumnya yang membuktikan bahwa peningkatan konsumsi harian dan jenis makanan yang dimakan berperan penting terhadap angka kejadian obesitas. Diperlukan adanya *behavioral modification* atau perubahan perilaku makan untuk mengontrol nilai IMT dan mencegah peningkatan risiko kegemukan pada remaja-dewasa. (Shatwan & Almorai, 2022)

d. Aktivitas fisik

Salah satu alasan mengapa lebih banyak anak menjadi obese atau overweight adalah kurangnya aktivitas fisik. Salah satu penyebab prevalensi obesitas dan obesitas pada remaja adalah gaya hidup yang jarang bergerak. Kebiasaan hidup yang jarang atau malas bergerak, seperti banyak duduk, menonton TV, film, game, dll. (Kamaruddin et al., 2023).

Hubungan antara obesitas dan sedentary behavior dijelaskan pada penelitian yang dilakukan oleh Erika dkk (2022) menunjukkan adanya asosiasi positif yang signifikan. Dalam meta-analisis yang dilakukan, ditemukan bahwa prevalensi sedentary behavior pada individu dengan obesitas adalah 31% (95% CI, 23–41%) dan terdapat asosiasi signifikan antara obesitas dan sedentary behavior dengan odds ratio (OR) sebesar 1.45 (95% CI, 1.21–1.75). Studi ini

menunjukkan bahwa individu dengan obesitas cenderung memiliki kebiasaan sedentary behavior yang lebih tinggi daripada individu tanpa obesitas (Aparecida et al., 2022).

Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan bahwa obesitas, *sedentary lifestyle*, dan *physical inactivity* terkait dengan meningkatnya risiko berbagai penyakit kronis seperti penyakit jantung, diabetes, dan hipertensi. Oleh karena itu, penting untuk mengurangi *sedentary lifestyle* sebagai bagian dari strategi pencegahan dan pengelolaan obesitas (Aparecida et al., 2022).

2.1.2 VO₂max

2.1.2.1 Definisi

Ambilan Oxygen (VO₂) dianggap sebagai nilai penting dalam mengkaji kebugaran respirasi, status kesehatan, maupun potensi kinerja daya tahan. VO₂max juga merupakan satu dari tanda vital yang berhubungan dengan fungsi sistem kardiovaskuler, respirasi dan otot, hal tersebut dapat dijadikan indikator dari status kesehatan tubuh. Volume oksigen maksimal (VO₂max) mencerminkan kapasitas puncak tubuh individu dalam mengambil, mendistribusikan dan menggunakan oksigen selama latihan VO₂max dinyatakan dalam satuan mililiter (mL) dari ambilan oksigen per kilogram (kg) berat badan per menit (min) ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$) (Menz et al., 2019; Tangen et al., 2022).

Sistem Kardiorespirasi merupakan kemampuan sistem kardiovaskuler dan sistem respirasi dalam memberikan suplai oksigen ke otot rangka dan bagaimana kemampuan otot rangka dalam memanfaatkan oksigen ketika beraktivitas dengan intensitas sedang hingga tinggi dalam durasi yang panjang tanpa mengalami kelelahan. Kemampuan daya tahan kardiorespirasi digambarkan dengan tingkat VO₂max. Oleh karena itu, sistem kardiorespirasi berkaitan erat dengan kemampuan daya tahan seseorang dalam beraktivitas dengan intensitas tinggi yang dinilai menggunakan tingkat VO₂max (Tangen et al., 2022).

Tabel 2. 3 Klasifikasi VO₂max Berdasarkan Kelompok Usia

Kategori	20-29	30-29	40-49	50-59	60-69	70-79
Laki-laki						
Superior	55.4-59.8	54-58.3	52.5- 56.1	49-54	45.8- 51.1	42.1-49.7
Excellent	51.1-53.5	48.3- 51.6	46.2- 49.7	43.4- 46.7	39.6- 42.6	36.7-39.5
Good	45.4-48.4	44-47	42.0- 44.9	39.2- 41.9	35.5- 38.3	32.3-35.2
Fair	41.7-44.6	40.5- 43.9	38.5- 41.0	35.6- 38.1	32.3- 34.9	29.4-31.5
Poor	37.8-41.0	36.7- 39.5	34.9- 37.7	30.9-35	38.7- 31.6	25.7-28.1
Very Poor	26.1-36.7	26.5- 35.2	25-33.8	22.8-30	19.4- 27.4	18.2-24.6
Perempuan						
Superior	49.7-54.4	47.4- 52.5	45.3- 51.1	41-46	37.8- 43.9	36.7-43.9
Excellent	43.9-46.8	42.4- 45.3	39.7- 43.9	36.7- 39.5	33-35.9	30.9-33
Good	39.5-42.4	37.6-41	36.3- 39.2	33-35.3	30-32.3	28.1-30
Fair	36-38.5	34.4- 37.1	33-35	20-32.3	27.6- 29.4	26-28
Poor	32.3-35.2	30.5- 33.8	29.5-32	27-29.5	24.7- 26.8	23.8-25.1
Very Poor	23.7-30.9	22.9- 29.5	22-28	20-26	19.5-24	16.8-22.6

Sumber: ACSM's Health-Related Physical Fitness Assessment Manual, 5th edition

2.1.2.2 Faktor yang Mempengaruhi

Beberapa faktor yang mempengaruhi VO₂max yaitu sebagai berikut :

a. Usia

Individu dengan usia 25–30 tahun, kebugaran jasmani akan meningkat mencapai puncaknya, dan setelah itu, kapasitas fungsional seluruh tubuh akan menurun sebesar 0,81% per tahun. Namun, penurunan ini dapat dikurangi dengan berolahraga secara teratur. Bagi orang yang tidak suka berolahraga atau tidak aktif dalam aktivitas sehari-hari, usia menurunkan tingkat kebugaran jasmani mereka sekitar 8-10% setiap sepuluh tahun. Penurunan kontraksi jantung, massa miokardium, dan volume paru total adalah penyebabnya. Sangat erat kaitannya antara tingkat kebugaran seseorang dan usia karena waktu kerja yang dihabiskan untuk aktivitas fisik berkurang seiring dengan usia (Gantarialdha, 2021).

b. Jenis Kelamin

Pada individu dengan jenis kelamin laki-laki dan perempuan biasanya memiliki tingkat kebugaran jasmani yang relatif sama sebelum pubertas, namun setelah masa pubertas, seorang laki-laki biasanya memiliki tingkat kebugaran jasmani yang lebih baik daripada perempuan (Gantarialdha, 2021). Pernyataan tersebut juga selaras dengan penelitian oleh Kelsey dkk (2022) yang mengatakan bahwa terdapat salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat VO₂max adalah proses *oxygen transport*, proses tersebut secara erat berhubungan dengan jumlah hemoglobin di dalam darah yang berperan sebagai *oxygen transportation*. Pada perempuan memiliki rerata kadar Hb 12% lebih rendah dari laki-laki hal tersebut memiliki dampak yang signifikan pada proses *oxygen transport* yang selanjut berpengaruh terhadap tingkat VO₂max (Santisteban et al., 2022).

c. Aktivitas Fisik

Berbagai sistem organ seperti jantung, paru-paru, pembuluh darah perifer, otot, dan sistem hormon mengatur respons tubuh

terhadap aktivitas. Seseorang yang bugar dan aktif berolahraga maupun beraktivitas memiliki tingkat detak jantung yang lebih rendah. Hal tersebut menandakan bahwa kerja jantung lebih efisien dan lebih ringan pada orang yang sering beraktivitas serta menjaga kondisi tubuhnya tetap bugar dan sehat (Gantarialdha, 2021). Nilai $VO_2\text{max}$ dapat meningkat secara signifikan dengan berolahraga secara teratur, terutama latihan aerobik seperti berlari, bersepeda, berenang, atau *High Intensity Interval Training* (HIIT). Latihan ini meningkatkan kapasitas paru-paru dan efisiensi jantung untuk memompa darah yang kaya oksigen ke seluruh tubuh (Menz et al., 2019).

Adaptasi fisiologis juga memiliki peran dalam perkembangan nilai $VO_2\text{max}$. Pada seseorang yang memiliki aktivitas fisik dengan intensitas tinggi memicu tubuh untuk terus beradaptasi dengan kondisi tersebut. Hal ini memengaruhi banyak sistem yang terkait dalam pengaturan pemakaian dan distribusi oksigen, seperti sistem kardiovaskuler dan sistem respirasi yang secara langsung berkaitan dengan proses *oxygen transport* (Scribbans et al., 2016).

d. Kondisi Fisiologis

Keadaan fisiologis tubuh yang terkait dengan $VO_2\text{max}$ yang terdiri dari berbagai sistem, termasuk sistem peredaran darah, sistem jantung, dan pernapasan yang bertanggung jawab atas peredaran darah dan fungsinya dalam memanfaatkan dan menyediakan oksigen. Untuk memenuhi kebutuhan oksigen tubuh terpenuhi, permukaan paru yang cukup luas diperlukan untuk proses difusi yang lebih produktif. Peningkatan output jantung (CO) atau detak jantung juga berdampak pada $VO_2\text{max}$ (Gönülateş, 2018). Peningkatan volume darah yang dipompa oleh jantung dan peningkatan detak jantung menyebabkan peningkatan $VO_2\text{max}$, yang mencapai sekitar 95% dari tingkat maksimalnya. Untuk memenuhi kebutuhan metabolisme tubuh, paru-paru memerlukan

pasokan oksigen segar. Fungsi ini memungkinkan paru-paru mengambil oksigen dari udara dan menyebarkannya melalui sel darah ke seluruh jaringan tubuh. Selanjutnya, paru-paru mengumpulkan karbondioksida (CO_2) dari seluruh sel tubuh dan mengeluarkannya dari tubuh. Hemoglobin (Hb) berperan penting dalam mengangkut oksigen dan mengedarkannya keseluruhan jaringan yang ada. Karena itu, jika kadar hemoglobin rendah, maka jumlah oksigen yang dapat diangkut sel darah merah juga akan berkurang. Tubuh tidak dapat menggunakan oksigen lebih dari kecepatan yang diberikan sistem peredaran darah pada jaringan. artinya nilai VO_2max dapat dibatasi oleh kapasitas sistem peredaran darah dalam mendistribusikan oksigen (Jalil, 2020).

2.1.2.3 Pengukuran

Dalam menilai tingkat VO_2max seseorang terdapat dua metode yaitu, *direct* dan *indirect*.

a. Metode langsung (*direct*)

Metode langsung (*direct*) merupakan metode yang berbasis laboratorium, dengan mengukur udara yang dihembuskan oleh seseorang untuk menganalisis ventilasi paru-paru, oksigen yang dihirup, dan karbondioksida yang dihembuskan. Metode *direct* secara langsung dan akurat mengukur konsumsi oksigen maksimum seseorang melalui analisis napas demi napas. Namun metode ini tergolong mahal dan tidak visible dilakukan pada penelitian ini. Hal tersebut dikarenakan kurangnya sarana dan prasarana yang memadai. Terdapat alternatif lain dalam pengukuran tingkat VO_2max seseorang yaitu metode *indirect* (Buttar & Saboo, 2019).

b. Metode tidak langsung (*indirect*)

Metode tidak langsung (*indirect*) merupakan metode yang meliputi tes lapangan, dengan menghitung berbagai variabel untuk memperkirakan kapasitas aerobik seseorang. Variabel

tersebut berupa detak jantung, jarak tempuh, dan/atau waktu percobaan seseorang saat melakukan tes tersebut. Dalam pelaksanaannya tes lapangan memiliki beberapa kelebihan, seperti biaya pelaksanaan yang rendah, kemudahan dalam penerapan dan akses, juga dalam pelaksanaannya dapat mengevaluasi sejumlah besar subjek secara bersamaan (Buttar & Saboo, 2019).

Dalam metode tidak langsung terdapat beberapa jenis prosedur, yang meliputi :

1) *1,5 Mile Run Test*

Pada tes ini peserta diminta berlari sejauh 1,5 mile atau sejauh 2,4 km dengan secepat mungkin. Waktu yang ditempuh dalam menyelesaikan lari tersebut dicatat serta detak jantung peserta juga dicatat (Buttar & Saboo, 2019). Nilai VO_2 max dihitung dengan persamaan berikut :

$$88,02 + (3,716 \cdot \text{jenis kelamin}) - (0,0753 \cdot \text{BB (pound)}) \\ - (2,767 \cdot \text{waktu yang ditempuh dalam menit})$$

Catatan : jenis kelamin pria = 1, wanita = 0

2) *Multistage Fitness Test (beep test)*

Multistage Fitness Test (MFT) atau bleep test merupakan tes lari bolak-balik sejauh 20 meter. Tes ini membutuhkan peralatan seperti lapangan dengan permukaan yang datar, cone, *audio player*, serta formulir penilaian dalam pelaksanaannya. Metode ini dikembangkan pada awal tahun 80 an oleh leger dan lambert dengan tujuan untuk memonitor perkembangan daya tahan aerobik atlet (Lockie et al., 2019). Persamaan yang digunakan dalam memprediksi nilai VO_2 max dijelaskan oleh Leger dan rekan-rekan, dengan rumus sebagai berikut (Léger et al., 1988; Magee et al., 2021) :

$$-24,4 + 6,0 \times \text{Maximal Aerobic Speed}$$

3) *12-Minutes Walk Test*

Tes 12 MWT ini mengacu pada seberapa banyak seseorang dapat berjalan bolak balik dari titik A ke titik B dengan jarak selama 12 menit. Pada saat waktu telah habis catat total balikan yang telah dicapai dikonversi kedalam satuan miles (Buttar & Saboo, 2019).

$$VO_2 \text{ (ml. kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = (35,97 \times \text{jarak (miles)}) - 11,29$$

4) *12-Minute Run Test (Cooper Test)*

Pada tes ini individu yang mengikuti tes diarahkan untuk berlari sejauh mungkin selama 12 menit. Pada saat kondisi kelelahan ekstrim individu tersebut disarankan untuk berjalan. Apabila waktu telah habis maka jarak yang ditempuh akan dicatat. Jarak yang ditempuh dalam mile dimasukkan kedalam persamaan untuk memperkirakan tingkat VO_{2max} seseorang (Buttar & Saboo, 2019).

$$VO_2 \text{ (ml. kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = 35,97 \times \text{jarak (mile)} - 11,29$$

Atau

$$VO_2 \text{ (ml. kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = \text{jarak (m)} - 504,9) \div 44,73$$

Dalam menilai tingkat VO_{2max} pada penelitian yang akan dilaksanakan oleh peneliti, peneliti menggunakan metode *cooper Test* untuk menilai tingkat VO_{2max} peserta penelitian. Dalam metode ini peserta penelitian akan diminta untuk berlari selama 12 menit dengan jarak sejauh mungkin yang nantinya jarak yang ditempuh akan dimasukkan kedalam rumus yang telah tertera dan dihitung perkiraan tingkat VO_{2max} peserta penelitian. *Cooper test* sendiri termasuk kedalam jenis tes *indirect* yang telah dijelaskan sebelumnya. Tes tersebut dapat dilakukan di atas *treadmill* atau pada lapangan datar atau trek di stadion dengan jarak yang diukur secara tepat (Alvero-Cruz et al., 2019).

Tingkat validitas *cooper Test* telah diteliti oleh Gema Fitriadi yang membandingkan antara metode maksimal yang terdiri dari MFT, *balke test*, dan *cooper test* serta pada metode submaksimal diwakili oleh metode *queens test*, dan *rockport test*. Dalam penelitian tersebut didapatkan metode maksimal memiliki tingkat validitas yang lebih baik dari metode submaksimal. Tingkat koefisien validitas tertinggi pada metode maksimal didapatkan oleh metode *cooper test*, yang artinya metode tersebut lebih akurat dalam mengukur $VO_2\text{max}$ (Fitriyadi, 2018). Salah satu ciri khas metode maksimal yaitu peserta diminta untuk melakukan suatu kegiatan hingga batas kemampuannya, hal ini membuat kelompok tes metode maksimal lebih akurat dalam menilai kondisi aerobik seseorang (Gönülateş, 2018).

Selain itu Metode *cooper test* dapat dikatakan sebagai metode yang sederhana dan dapat diandalkan dalam menilai dan memonitor tingkat kesehatan kardiorespirasi yang dicerminkan sebagai $VO_2\text{max}$. Hal ini lah yang mendorong peneliti untuk menggunakan metode *cooper test* dalam penelitian ini yang didasari pada tingkat validitas dan kesederhanaan dalam penerapannya.

2.1.3 Hubungan $VO_2\text{max}$ dan IMT

Hasil analisis statistik memperlihatkan bahwa individu dengan nilai IMT Normal memiliki kondisi tubuh yang lebih bugar dibandingkan dengan individu dengan nilai IMT yang lebih tinggi terutama pada individu dengan obesitas. seseorang dengan nilai IMT yang tinggi cenderung menjalani gaya hidup yang jarang bergerak, sehingga terjadi penurunan status kebugaran jasmaninya (Gantariadha, 2021). Pada penelitian oleh ganatariadha dkk (2021) juga selaras dengan penelitian berikutnya yang mendapati hasil bahwa terdapat korelasi negatif kuat antara status gizi

(IMT) dengan nilai $VO_2\text{max}$, yang berarti semakin tinggi nilai IMT maka semakin rendah tingkat $VO_2\text{max}$ seseorang (Khairunnisa et al., 2023).

Nilai IMT tinggi dapat mengakibatkan peningkatan *low density lipoprotein* (LDL) dan penurunan *high density lipoprotein* (HDL). Perubahan profil lemak tubuh yang meliputi *total cholesterol* (TC), trigliserida (TG), LDL, dan HDL tersebut telah dibuktikan pada penelitian sebelumnya yang membandingkan antara individu normal dan individu dengan nilai IMT tinggi. Terdapat kecenderungan peningkatan TC, LDL, dan TG pada individu dengan IMT tinggi hingga obesitas, namun disertai dengan penurunan HDL (Hussain et al., 2019). Peningkatan lemak tubuh terutama pada individu dengan obesitas akan menjadi masalah dan menimbulkan beban tambahan pada kerja jantung. Penurunan kerja dan fungsi jantung akan berdampak pada penurunan *cardiac output* (CO). Hal ini menyebabkan darah akan dipompa lebih sedikit sehingga oksigen yang beredar ke otot juga berkurang. Penurunan *cardiac output* (CO) juga mengakibatkan penurunan distribusi *oxygen* dalam jaringan yang digunakan untuk metabolisme intraseluler, terutama metabolisme yang terjadi di sel muskuloskeletal. Dengan adanya penumpukan lemak yang tidak proporsional, mengakibatkan otot tidak menerima jumlah oksigen yang ideal selama latihan berlangsung (Gantarialdha, 2021).

Tubuh memerlukan ATP untuk digunakan sebagai energi selama beraktivitas fisik. Pembentukan ATP akan terjadi apabila terdapat ketersediaan oksigen yang terpenuhi yang diperoleh dari respirasi sel yang terjadi di otot, pembentukan paling banyak terjadi pada metabolisme aerobik dibanding metabolisme anaerobik. Kelebihan berat badan dapat berefek saat melakukan aktivitas fisik sehingga otot akan bekerja lebih berat yang menyebabkan peningkatan kebutuhan ATP. Hal tersebut dapat mengakibatkan kenaikan konsumsi oksigen oleh otot untuk mendukung respirasi aerobik dalam menyediakan energi. Namun, meningkatnya konsumsi oksigen pada otot tersebut bersamaan dengan menurunnya suplai oksigen dari darah menuju otot. Hal ini dapat berdampak pada

ketersediaan oksigen yang semakin menipis dan akhirnya tidak cukup sebagai sumber daya dalam proses pembentukan ATP dengan metabolisme aerobik oleh otot. Oleh karena itu, untuk menyediakan ATP sebagai energi yang diperlukan otot untuk berkontraksi, proses metabolisme dialihkan ke metabolisme anaerobik yang tidak memerlukan oksigen sebagai bahan bakarnya dalam proses pembentukan ATP, proses tersebut dinamakan glikolisis anaerobik. Glikolisis anaerobik bermanfaat untuk menyediakan ATP dalam waktu yang relatif cepat serta tidak memerlukan oksigen dalam prosesnya. Namun, glikolisis anaerobik juga menghasilkan produk akhir berupa *lactic acid* atau asam laktat yang memberikan efek kelelahan otot (Hidayah, 2018).

Status gizi yang digambarkan melalui IMT terutama pada kelompok dengan nilai IMT tinggi seperti *overweight* dan obesitas dapat menyebabkan terjadinya peningkatan akumulasi jaringan lemak di dinding thorax dan abdomen. Hal ini dapat menimbulkan otot pernapasan akan bekerja berlebihan untuk meregangkan dinding thorax. Peregangan dinding thorax yang berlebihan berkontribusi dalam penurunan *compliance* dinding thorax, dengan membatasi pergerakan tulang-tulang *costae* sehingga dapat menurunkan mobilitas thorax, hal tersebut akan berdampak pada penurunan *oxygen uptake*. Selain itu penurunan *compliance* dinding thorax juga berdampak pada otot-otot pernapasan yang akan bekerja lebih keras untuk menghasilkan tekanan yang rendah pada rongga pleura agar aliran udara dapat masuk saat inspirasi. Sehingga akan terjadi peningkatan konsumsi O_2 dan produksi CO_2 akibat otot pernapasan yang bekerja lebih keras. Selain peningkatan konsumsi dan produksi dari O_2 dan CO_2 , peningkatan kerja otot pernapasan juga berpengaruh dalam peningkatan ventilasi paru-paru. Kemudian, jika terjadi terus-menerus akan terjadi hipoventilasi karena terjadi peningkatan retensi CO_2 di dalam paru-paru (Gili et al., 2021; Saminan, 2019).

Penumpukan jaringan adiposa atau lemak pada daerah subkutan dan viseral dapat mengakibatkan pembatasan ekspansi paru-paru selama

proses ventilasi khususnya pada saat inspirasi dan mengurangi diameter saluran napas perifer yang meliputi bronkiolus, bronkiolus terminal, dan bronkiolus respiratorius sehingga saluran napas akan menyempit dan akan memicu terjadinya hipoksemia. Orang dengan status gizi obesitas akan mengalami tekanan yang tinggi di ruang intra abdominal menuju ke thorax yang dapat mengakibatkan penurunan *Functional Residual Capacity* (FRC) dan *Expiratory Reserve Volume* (ERV) sehingga individu tersebut akan bernapas menjadi lebih datar, dangkal, cepat, dan kurang efisien. Sehingga akan menambah beban kerja paru-paru (Gili et al., 2021; Saminan, 2019; Usmani et al., 2021).

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 4 Hasil Penelitian Terdahulu

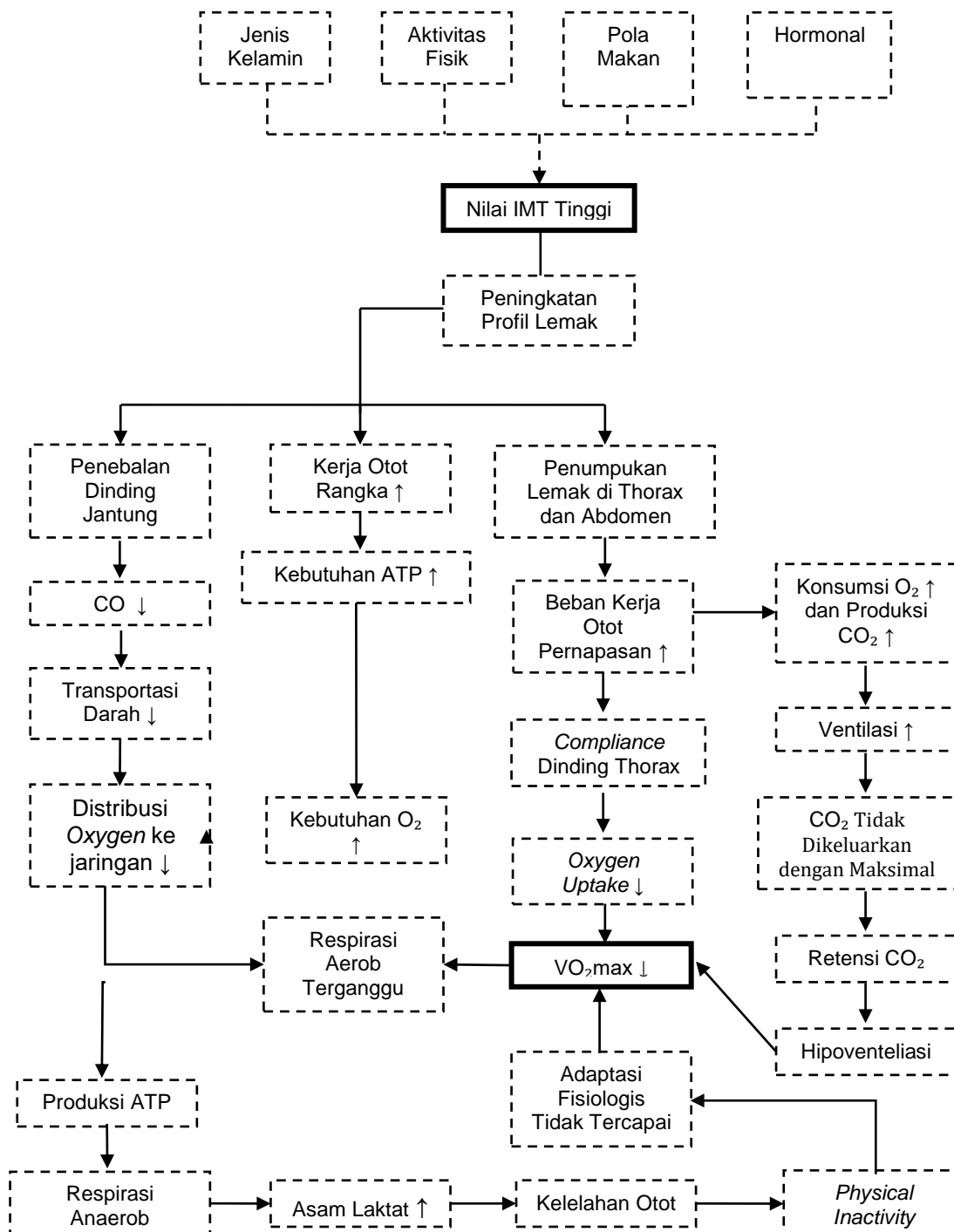
No	Penulis (Tahun)	Judul (Negara)	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
1.	Dian Rahadianti (2022)	Hubungan Nilai Vo2max dan Indeks Massa Tubuh Pada Atlet NTB (Indonesia)	Penelitian ini bertujuan untuk melihat keterkaitan antara nilai IMT dengan VO ₂ max	Penelitian ini menggunakan pendekatan cross-sectional pada 88 atlet Pelatda NTB pada bulan Juni. IMT dihitung dari berat dan tinggi badan, sedangkan VO ₂ max dinilai dengan beep test. Data dianalisis menggunakan uji spearman rank.	Uji spearman rank menunjukkan hubungan signifikan antara IMT dan VO ₂ max (p-value = 0,000). Kesimpulannya, semakin tinggi VO ₂ max cenderung terdapat pada orang dengan IMT rendah, dan sebaliknya.
2.	Vivek P, et al (2021)	Effect of Body Mass Index on	Penelitian melihat gambaran tingkat	Populasi yang digunakan sebesar 100	Uji <i>Pearson correlation</i> , didapatkan bahwa

No	Penulis (Tahun)	Judul (Negara)	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
		Peak Oxygen Consumption (VO ₂ max) in Young Healthy Males (Dubai, UAE)	VO ₂ max pada pria dewasa muda serta untuk mempelajari mengenai hubungan antara IMT dan VO ₂ max	pria muda dewasa dengan rentang usia 18-25 tahun akan diukur IMT nya dengan rumus $\frac{kg(BB)}{m^2(TB)}$. Serta nilai VO ₂ max diukur dengan Quenn's College Step Test (QCT)	terdapat korelasi negatif signifikan antara IMT dan VO ₂ max. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa tingginya nilai IMT pada suatu individu dapat membatasi fungsi jantung dan ambilan oksigen oleh otot.
3.	Khairunnisa, et al (2023)	Hubungan Indeks Massa Tubuh terhadap Volume Oksigen Maksimal (VO ₂ max) Mahasiswa Tingkat Pertama Fakultas	Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan Indeks Massa Tubuh terhadap VO ₂ max mahasiswa tingkat pertama fakultas	Penelitian ini menerapkan desain studi cross-sectional dengan melakukan pengukuran IMT dan pengukuran VO ₂ max menggunakan metode Balke test.	Hasil analisis menunjukkan nilai signifikansi (p) kurang dari 0,001 dan koefisien korelasi sebesar -0,812, mengindikasikan hubungan korelasi negatif yang sangat kuat antara

No	Penulis (Tahun)	Judul (Negara)	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
		Kedokteran Universitas Lampung (Indonesia)	Kedokteran Universitas Lampung		kedua variabel tersebut. Artinya, peningkatan nilai IMT cenderung diikuti dengan penurunan nilai VO ₂ max
4.	Vijaykumar N , et al (2021)	Influence of body fat, lean body mass, and body mass index levels on maximal oxygen consumption using submaximal exercise in young adults: An observational study (India)	Pada penelitian ini bertujuan untuk menilai hubungan IMT, body fat, dan <i>lean body mass</i> terhadap konsumsi oksigen maksimal (daya tahan kardiorespirasi) pada individu dewasa muda dengan usia 18-20 tahun	Nilai persentase <i>body fat</i> dinilai dengan alat <i>skinfold thickness caliper</i> . Nilai Massa tubuh non-lemak didapatkan dengan mengurangi berat badan dengan nilai <i>body fat</i> . VO ₂ max dihitung dengan metode <i>1 mile walk test</i> .	Uji Pearson menunjukkan korelasi negatif signifikan antara lemak tubuh dan IMT dengan konsumsi oksigen maksimal. Artinya peningkatan IMT, terutama peningkatan lemak tubuh, cenderung diikuti dengan penurunan konsumsi oksigen maksimal

2.3 Kerangka Berpikir

2.3.1 Kerangka Teori

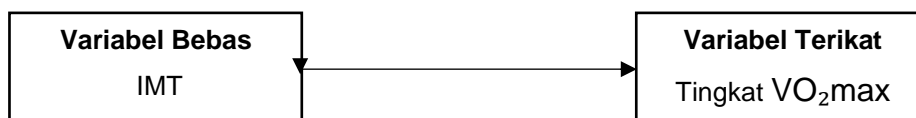


Gambar 2. 3 Kerangka Teori

Keterangan :



2.3.2 Kerangka Konsep



Gambar 2. 4 Kerangka Konsep

2.4 Hipotesis

H0 : Tidak Terdapat hubungan antara indeks massa tubuh dengan $VO_2\max$ pada Kadet Mahasiswa Program Studi Sarjana Kedokteran Cohort 4 Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Pertahanan RI.

H1 : Terdapat hubungan antara indeks massa tubuh dengan $VO_2\max$ Kadet Mahasiswa Program Studi Sarjana Kedokteran Cohort 4 Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Pertahanan RI.