

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Obesitas didefinisikan sebagai akumulasi lemak yang tidak normal atau berlebihan berdasarkan *World Health Organization* (WHO) dan telah digambarkan sebagai pandemik . Kelebihan berat badan atau obesitas ditentukan oleh ukuran indeks massa tubuh (IMT). Standar obesitas dan kelebihan berat badan berbeda pada populasi tertentu (Jin, et al., 2022)

Menurut laporan WHO yang diterbitkan pada tahun 2021, lebih dari 1 miliar orang mengalami obesitas, termasuk 650 juta orang dewasa, 340 juta remaja, dan 39 juta anak-anak berdasarkan data yang dikumpulkan pada tahun 2016. Jumlah ini masih terus meningkat, dan WHO memperkirakan akan meningkat sekitar 167 juta orang pada tahun 2025. Berdasarkan data Kementerian Kesehatan, di Indonesia dalam kurun waktu 10 tahun terjadi peningkatan obesitas yang cukup signifikan, dari 10,5% di tahun 2007 menjadi 21,8% di tahun 2018. Obesitas menjadi faktor risiko terjadinya penyakit tidak menular seperti diabetes melitus, jantung, kanker, hipertensi dan penyakit metabolik maupun non metabolik lainnya serta berkontribusi pada penyebab kematian akibat penyakit kardiovaskular (5,87% dari total kematian), penyakit diabetes dan ginjal (1,84% dari total kematian). Obesitas saat ini telah digolongkan sebagai penyakit yang perlu diintervensi secara komprehensif (Kementerian Kesehatan, 2023; Jin, et al., 2022)

Beberapa peneliti berpendapat bahwa orang yang mengalami obesitas memiliki respons kardiopulmoner dalam batas normal, namun kapasitas latihan mereka terganggu oleh besarnya massa tubuh yang harus mereka bawa. Peneliti lain menunjukkan bahwa mereka mengalami penurunan kapasitas aerobik dibandingkan dengan orang dengan berat badan normal. Massa lemak berlebih mereka mengganggu fungsi jantung dan paru-paru dan membatasi respons aerobik suatu individu. (Seres, et al., 2003; Ansari, et al., 2020)



Mengurangi jaringan adiposa adalah salah satu cara untuk mengurangi berat badan pada individu dengan obesitas selain itu diperlukan untuk mengurangi penyakit penyerta kardiometabolik negatif pada obesitas. Ada dua metode yang dapat secara efektif menurunkan jaringan adiposa yaitu dengan modifikasi pola makan atau modifikasi pengeluaran energi seperti latihan. Dengan peningkatan pengeluaran energi dapat membantu mengurangi kelebihan jaringan adiposa dan obesitas. Pedoman yang dikeluarkan oleh *American College of Sports Medicine* (ACSM) saat ini mencakup latihan aerobik atau anaerobik. Aktivitas fisik (PA), termasuk dalam latihan, meskipun belum tentu mencakup rencana/sesi latihan yang terstruktur. Pengukuran olahraga dilakukan dalam *metabolic equivalent of task* (METs), yang kira-kira setara dengan usaha dan pengeluaran energi yang diperlukan seseorang untuk melakukan aktivitas. Aktivitas fisik sering kali dimasukkan ke dalam intervensi gaya hidup yang berbeda, menyoroti perlunya aktivitas fisik dalam jumlah teratur sepanjang hari. (Niemi, et al., 2023)

"*Exergaming*", istilah yang diciptakan untuk menggabungkan latihan dan *gaming* (video game) dan semakin populer dalam beberapa dekade terakhir. Dengan menggabungkan aspek kompetitif dan kenikmatan dalam bermain video game dengan aktivitas fisik, sistem exergaming dapat mengurangi rasa lelah dan meningkatkan motivasi sambil mempertahankan tingkat pengeluaran energi yang tinggi. *Exergaming* juga menggabungkan *elemen immersive virtual reality* (IVR) untuk lebih meningkatkan pengalaman pengguna. Teknologi yang baru lahir ini menghasilkan ruang 3D melalui sensor tubuh yang terpasang ditambah tampilan yang dipasang di kepala yang memerlukan penglihatan stereoskopis dan bidang pandang yang luas, memungkinkan partisipan untuk berinteraksi dan 'tenggelam' dalam lingkungan *virtual* secara *real-time*, dan menciptakan umpan balik. Penggunaan *virtual reality* (VR) dalam olahraga telah menunjukkan kemampuan untuk mendapatkan kebutuhan fisiologis dan metabolisme yang lebih besar sambil mempertahankan atau bahkan meminimalkan pengorbanan tenaga yang dirasakan oleh pengguna sehingga cocok bagi populasi obesitas (Mologne, et al., 2022).

Studi yang ada menunjukkan bahwa sampel lebih memilih untuk melakukan *exergame* ini daripada berolahraga dengan *treadmill* bahkan pada intensitas latihan yang lebih tinggi menggunakan *exergame*, subjek menganggap *exergame* lebih intens dan lebih menyenangkan. Penelitian penggunaan *exergame* pada otot jantung telah dikaitkan dengan peningkatan yang signifikan dalam pengeluaran energi dan kapasitas fungsional uji jalan 6 menit (6MWT) yang



menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat. *Exergame* juga menunjukkan potensi yang sangat besar dalam kepatuhan latihan pasien di rumah (McDonough, et al., 2018; Mologne, et al., 2022; Jaarsma, et al., 2015)

Penelitian mengenai *exergame* pada obesitas telah banyak dilakukan baik sebagai alternatif olahraga dalam penanganan obesitas terutama pada usia remaja dan anak-anak, namun penelitian pada orang dewasa dengan obesitas masih sangat sedikit dan belum ada penelitian yang membahas secara spesifik perbandingan efektivitas *exergame* pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal terhadap fungsi kardiorespirasi. Oleh sebab itu karena adanya keterbatasan data, peneliti tertarik untuk meneliti pengaruh *exergame* terhadap fungsi kardiorespirasi pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana perbandingan perubahan fungsi kardiorespirasi pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal setelah pemberian *exergame*?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan umum

Mengetahui perbandingan perubahan fungsi kardiorespirasi pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal setelah pemberian *exergame*

1.3.2 Tujuan khusus

1. Mengetahui perubahan uji jalan 6 menit pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal setelah pemberian *exergame*.
2. Mengetahui perubahan *HR recovery* orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal setelah pemberian *exergame*.
3. Mengetahui perbandingan perubahan fungsi kardiorespirasi pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal setelah pemberian *exergame*.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat teoritis

- a. Menambah pengetahuan terkait pengaruh latihan *exergame* terhadap fungsi kardiorespirasi pada populasi dewasa dengan obesitas dan berat badan normal

menjadi dasar teori dalam pembuatan panduan klinis khususnya dalam resep latihan pada rehabilitasi orang dewasa dengan obesitas.



1.4.2 Manfaat metodologi

- a. Mengetahui pengaruh latihan menggunakan *exergame* pada orang dewasa dengan obesitas terhadap fungsi kardiorespirasi melalui penelitian eksperimental dengan desain kohort prospektif.
- b. Menjadi data demografi kapasitas fungsi kardiorespirasi pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal di area Makassar.

1.4.3 Manfaat aplikatif

- a. Menjadi acuan untuk pengembangan program latihan fisik menggunakan *exergame* pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal.
- b. Menjadi salah satu upaya pencegahan efek obesitas terhadap individu.
- c. Menjadi pertimbangan dalam pembentukan program di Universitas Hasanuddin terkait kesehatan kardiorespirasi orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal.
- d. Menjadi acuan untuk membuka layanan unggulan *exergame* di bidang Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi, sekaligus mendukung pilar kesehatan pada transformasi layanan primer terkait edukasi mengenai olahraga.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Obesitas

2.1.1 Definisi Obesitas

Obesitas merupakan penumpukan lemak yang berlebihan akibat ketidakseimbangan asupan energi (*energy intake*) dengan energi yang digunakan (*energy expenditure*) dalam waktu lama. Indeks massa tubuh (IMT) adalah indeks sederhana dari berat badan terhadap tinggi badan yang digunakan untuk mengklasifikasikan kelebihan berat badan dan obesitas pada orang dewasa. IMT didefinisikan sebagai berat badan seseorang dalam kilogram dibagi dengan kuadrat tinggi badan dalam meter (kg/m^2) (Kementrian Kesehatan, 2018; *World Health Organization*, 2000)

Tabel 2. 1 Klasifikasi Indeks Massa Tubuh WHO

KLASIFIKASI	IMT
Berat badan kurang (underweight)	< 18,5
Berat badan normal	18,5 – 22,9
Kelebihan berat badan (overweight)	
Dengan risiko	23-24,9
Obesitas I	25-29,9
Obesitas II	≥ 30

Tabel 2. 2 Klasifikasi Indeks Massa Tubuh Nasional

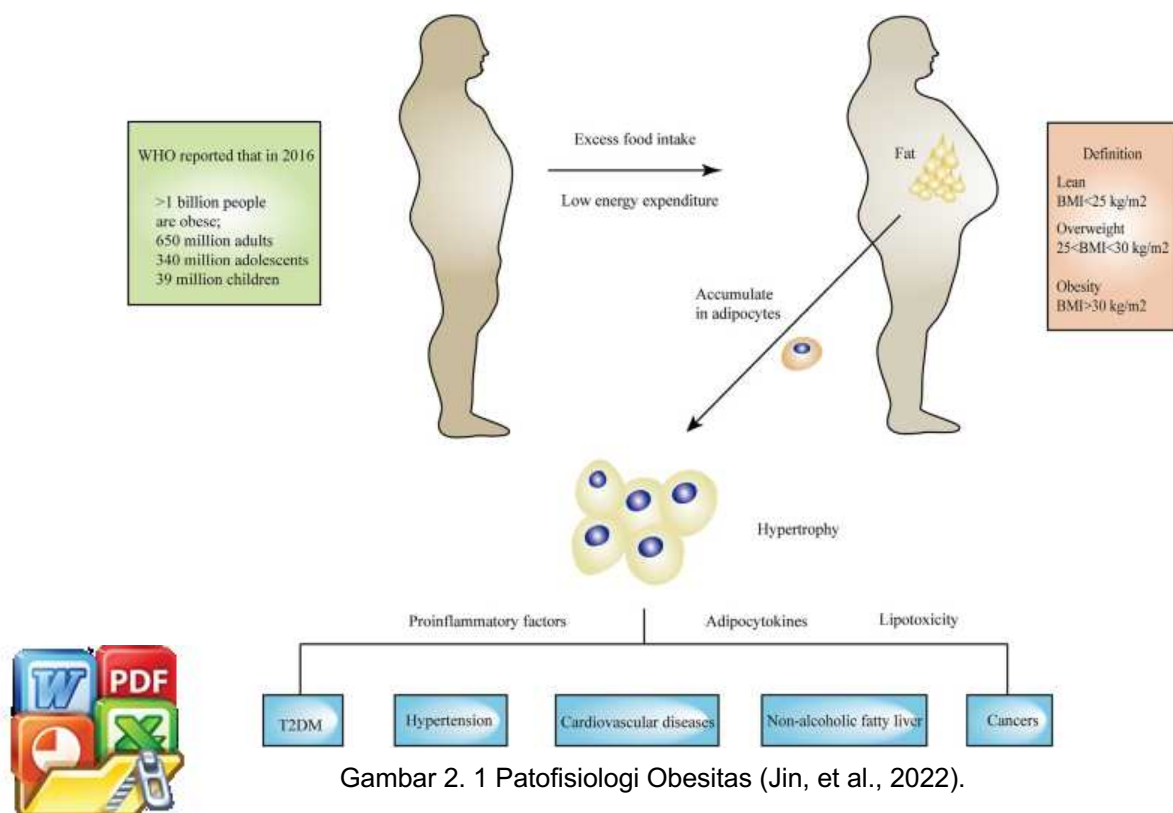
KLASIFIKASI		IMT
Kurus	Berat	< 17,0
	Ringan	17,0 – 18,4
Normal		18,5 -25,0
Gemuk	Berat	25,1 – 27,0
	Ringan	> 27



2.1.2 Prevalensi

Menurut laporan WHO yang diterbitkan pada tahun 2021, lebih dari 1 miliar orang mengalami obesitas, termasuk 650 juta orang dewasa, 340 juta remaja, dan 39 juta anak-anak berdasarkan data yang dikumpulkan pada tahun 2016. Prevalensi global kelebihan berat badan atau obesitas telah meningkat sebesar 27% pada tahun 2016 dewasa dan 47% di masa kanak-kanak selama tahun 1980-2013. Jumlah ini masih terus meningkat, dan WHO memperkirakan akan meningkat sekitar 167 juta orang pada tahun 2025. Berdasarkan data kementerian Kesehatan, Di Indonesia dalam kurun waktu 10 tahun terjadi peningkatan obesitas yang cukup signifikan, dari 10,5% di tahun 2007 menjadi 21,8% di tahun 2018. Obesitas menjadi faktor risiko terjadinya penyakit tidak menular seperti diabetes melitus, jantung, kanker, hipertensi dan penyakit metabolik maupun non metabolik lainnya serta berkontribusi pada penyebab kematian akibat penyakit kardiovaskular (5,87% dari total kematian), penyakit diabetes dan ginjal (1,84% dari total kematian). Obesitas saat ini telah digolongkan sebagai penyakit yang perlu diintervensi secara komprehensif (*World Health Organization, 2021; Kementerian Kesehatan, 2023*)

2.1.3 Patofisiologi Obesitas



Gambar 2. 1 Patofisiologi Obesitas (Jin, et al., 2022).



Obesitas terutama berkembang sebagai ketidakseimbangan antara asupan kalori dan pengeluaran energi. Ketika asupan energi lebih dari yang dibutuhkan, maka akan disimpan sebagai lemak dan glikogen di jaringan adiposa subkutan (SAT) dan organ. Jaringan adiposa (AT) terdiri dari penyimpanan yang berbeda secara fungsional. Jaringan adiposa putih (WAT) adalah endokrin aktif dan organ penyimpanan lipid yang utama dan aman, sedangkan jaringan adiposa coklat (BAT) menghasilkan panas pada stimulasi b-adrenergik atau paparan dingin, sebuah proses dikenal sebagai termogenesis adaptif. Pada manusia, WAT dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama: WAT viseral dan SAT, yang telah banyak dipelajari hubungannya dengan perkembangan penyakit terkait. BAT hanya mewakili 1%-2% lemak, namun sangat penting dalam menjaga homeostatis dan menunjukkan efek menguntungkan pada glukosa darah (Jin, et al., 2022).

Orang yang kelebihan berat badan atau obesitas telah dikaitkan dengan keadaan peradangan kronis tingkat rendah, yang berhubungan dengan peningkatan infiltrasi ke dalam AT dari sirkulasi oleh makrofag M1 atau fenotip yang 'diaktifkan secara klasik'. Makrofag ini dapat direkrut ke AT di mana mereka mengeluarkan sitokin inflamasi (TNF- α , IL-6, IL-8, dll.). Seiring dengan sitokin proinflamasi, sitokin antiinflamasi (seperti IL-4, IL-10, IL-13, IL-19) disekresi dari adiposit; namun, kelimpahan dan sekresinya tampaknya menurun seiring dengan bertambahnya berat badan karena obesitas secara definitif menginduksi keseimbangan untuk meningkatkan produksi adipokin yang lebih pro-inflamasi. AT juga mengeluarkan adipokin (leptin, adiponektin, visfatin dan resistin, dll.) dan konstituen matriks ekstraseluler (ECM) untuk mengatur jalur terkait. Akumulasi lemak berlebih menyebabkan hiperplasia dan hipertrofi jaringan adiposa, yang mengubah sekretom dan metabolit yang dilepaskan serta memengaruhi lingkungan mikro di sekitarnya (Jin, et al., 2022).

2.1.4 Dampak Obesitas terhadap Risiko Penyakit Jantung

Sejumlah perubahan kardiovaskular patofisiologis terjadi sebagai respons terhadap kelebihan massa tubuh pada obesitas. *Remodeling* jantung yang terjadi bersifat multifaktorial dan melibatkan kombinasi perubahan hemodinamik, sinyal neurohormonal, dan/atau metabolisme miokard. Secara metabolik, obesitas aksi mekanisme seluler miokard seperti deposisi lemak jantung ektopik, si metabolit lipid toksik, disfungsi mitokondria, dan peradangan yang bkan adaptasi metabolik. Secara hemodinamik, kebutuhan metabolik



pada obesitas dikaitkan dengan peningkatan volume darah intravaskular dan curah jantung melalui peningkatan volume sekuncup dan denyut jantung. Peningkatan beban kerja ini menyebabkan jantung mengalami remodeling struktural termasuk hipertrofi ventrikel kiri konsentris dan eksentrik. Telah diamati bahwa sebagian individu, meskipun mengalami obesitas, memiliki profil kardiometabolik yang normal. Disebut obesitas yang sehat secara metabolik (MHO), didefinisikan sebagai memiliki BMI > 30 kg/m² dan tidak memenuhi kriteria sindrom metabolik kecuali lingkaran pinggang. (Haidar & Horwich, 2023)

Awalnya, individu MHO dianggap memiliki risiko penyakit kardio vaskuler (CVD) yang serupa dibandingkan dengan individu dengan berat badan normal dan sehat secara metabolik. Namun, penelitian terbaru menunjukkan bahwa MHO bukanlah kondisi yang aman, dan tingkat obesitas apa pun meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular. MHO telah dikaitkan dengan kalsifikasi arteri koroner, gangguan vasoreaktivitas dan fungsi ventrikel kiri, dan peningkatan ketebalan intima-media karotis. Individu dengan MHO juga lebih cepat dan cenderung mengembangkan sindrom metabolik dan memiliki risiko lebih tinggi terkena penyakit arteri koroner, gagal jantung, dan semua penyebab kematian jika dibandingkan dengan individu yang sehat secara metabolik dan tidak mengalami obesitas. Dengan demikian, perubahan metabolik dan hemodinamik yang terjadi pada obesitas, bahkan tanpa adanya risiko metabolik tradisional, meningkatkan risiko penyakit arteri koroner (CAD) dan gagal jantung, serta aritmia seperti fibrilasi atrium. (Haidar & Horwich, 2023)

Banyak penelitian telah menunjukkan kemanjuran peningkatan kebugaran fisik dan penurunan berat badan untuk mencegah penyakit kardiovaskular, serta efektivitas biaya program olahraga. Tingkat pemulihan detak jantung atau *Heart Rate Recovery* setelah berolahraga telah terbukti menjadi faktor risiko independen terhadap penyakit kardiovaskular dan kematian pada orang dewasa yang sehat. Alternatifnya, sebagian besar peneliti hanya mengukur perubahan HR dari puncak latihan hingga 1 atau 2 menit pemulihan atau mempertimbangkan kemiringan penurunan. Di akhir latihan, penurunan 15-20 denyut per menit (bpm) pada menit pertama pemulihan terbukti menjadi ciri khas orang sehat. (Nagashima, et al., 2010).



sosiasi *HR Recovery* dengan perubahan pada beberapa hemodinamik seperti HR istirahat dan tekanan darah istirahat mungkin disebabkan oleh modulasi sistem saraf otonom. Input parasimpatis dari tonus vagal

tampaknya berkontribusi besar terhadap pemeliharaan HR istirahat, sehingga HR istirahat yang rendah menunjukkan aktivitas parasimpatis yang lebih tinggi atau aktivitas simpatik yang lebih rendah. Penurunan aktivitas vagal saat istirahat diduga sebagai mekanisme yang menjelaskan peningkatan risiko terkait dengan peningkatan denyut jantung saat istirahat. Variasi komposisi tubuh dapat mengurangi fleksibilitas adaptif fungsi jantung otonom, hal ini dibuktikan pada penelitian Azam et al, dimana HR *Recovery* 2 menit setelah latihan pada kelompok dengan $IMT > 25$ lebih lambat secara signifikan dibandingkan dengan peserta $IMT < 25$ (Dimkpa, 2009; Azam, et al., 2019).

2.1.5 Tatalaksana Obesitas

Penatalaksanaan dan pengobatan obesitas memiliki tujuan yang lebih luas dibandingkan penurunan berat badan saja dan mencakup pengurangan risiko dan peningkatan kesehatan. Manfaat klinis yang signifikan dapat dicapai bahkan dengan penurunan berat badan yang sedikit (yaitu 5-10% dari berat badan awal), dan modifikasi gaya hidup (peningkatan kandungan nutrisi dalam makanan dan sedikit peningkatan aktivitas fisik dan kebugaran. Penatalaksanaan obesitas tidak bisa hanya fokus pada penurunan berat badan dan IMT.

Perhatian juga harus diberikan pada lingkar perut dan perbaikan komposisi tubuh yang berfokus pada memperbaiki atau mempertahankan bebas massa lemak dan mengurangi massa lemak. Penatalaksanaan penyakit penyerta, peningkatan kualitas hidup dan kesejahteraan pasien obesitas juga termasuk dalam tujuan pengobatan.

a. Nutrisi dan Diet

Sebelum memberikan nasihat diet, ada baiknya kita membahas motivasi untuk melakukan perubahan: Seberapa penting penurunan berat badan bagi pasien, dan seberapa yakin setiap pasien untuk mencapai penurunan berat badan dengan sukses dan berkelanjutan. Saran diet harus mendorong pola makan yang sehat dan menekankan perlunya meningkatkan konsumsi sayuran, kacang-kacangan, polong-polongan, lentil, biji-bijian, sereal dan serat tanpa pemanis, dan mengganti produk susu rendah lemak dan daging dengan alternatif tinggi lemak (Yumuk. et al., 2015)



alam praktik klinis, diet rendah kalori (LCD) dan sangat rendah kalori diet digunakan. LCD, terdiri dari makanan normal dan makanan pengganti, memiliki kandungan energi antara 800 dan 1.200 kkal/hari. VLCD

biasanya menyediakan kurang dari 800 kkal/hari dan hanya dapat digunakan sebagai bagian dari program komprehensif di bawah pengawasan spesialis obesitas atau dokter lain yang terlatih di bidang nutrisi dan dietetika. (Yumuk, et al., 2015).

b. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik didefinisikan sebagai setiap gerakan tubuh yang dihasilkan oleh otot rangka dan menghasilkan energi ekpenditur. Aktivitas fisik mencakup latihan dan aktivitas fisik yang dilakukan sebagai bagian dari kehidupan sehari-hari, pekerjaan, waktu luang, atau transportasi aktif. Latihan adalah subkategori aktivitas fisik yang direncanakan, terstruktur, dan berulang-ulang dan memiliki tujuan akhir atau menengah untuk peningkatan atau pemeliharaan kebugaran fisik. Fungsi fisik adalah kapasitas seseorang untuk melakukan aktivitas fisik dalam kehidupan sehari-hari. Fungsi fisik mencerminkan fungsi dan motor kontrol, kebugaran fisik, dan kebiasaan melakukan aktivitas fisik (Garber, et al., 2011).

Peresepan latihan mencakup durasi, frekuensi, intensitas, dan jenis. Berdasarkan American College of Sports Medicine menyarankan aktivitas fisik dan penurunan berat badan menyimpulkan bahwa <150 menit/minggu mendorong penurunan berat badan minimal, >150 menit/minggu-1 menghasilkan penurunan berat badan sedang sebesar ~2–3 kg, dan >225–420 menit/minggu-1 PA menghasilkan penurunan berat badan 5 hingga 7,5 kg. Efek latihan yang optimal pada obesitas harus mematuhi program latihan yang telah ditentukan dan mengikuti prinsip latihan *overload*, yaitu mendekati batas kapasitas maksimum untuk menantang sistem tubuh secara memadai, sehingga mendorong peningkatan parameter fisiologis seperti $\dot{V}O_2\text{max}$ dan kekuatan otot (Riebe, et al., 2018; Garber, et al., 2011).

Selain mendefinisikan aktivitas fisik, latihan atau *exercise*, dan kebugaran fisik, penting juga untuk mendefinisikan dengan jelas berbagai intensitas yang terkait dengan aktivitas fisik. Metode untuk mengukur intensitas relatif aktivitas fisik termasuk menentukan *oxygen uptake reserve* ($\dot{V}O_{2R}$), *heart rate reserve*, *oxygen consumption* ($\dot{V}O_2$), *heart rate* (HR), atau *metabolic equivalents* (METs). METs adalah cara yang berguna, nyaman, dan terstandarisasi untuk menggambarkan intensitas absolut dari berbagai aktivitas fisik. Aktivitas fisik intensitas ringan

meliputi 2,0-2,9 METs, *moderate* 3,0-5,9 METs, dan *vigorous* $\geq 6,0$ METs. Latihan aerobik telah terbukti dalam beberapa penelitian dapat meningkatkan



VO₂max, kepadatan dan aktivitas mitokondria, sensitivitas insulin, dan energi ekspenditur pada dewasa muda dan tua (Riebe, et al., 2018; Garber, et al., 2011). Rekomendasi peresepan latihan berdasarkan ACSM (Riebe, et al., 2018):

- Frekuensi : $\geq 5x$ /minggu
- Intensitas : Aktivitas aerobik dengan intensitas sedang hingga kuat harus dianjurkan. Intensitas latihan awal harus moderat (yaitu 40% – 60% VO₂R atau HR Reserve). Perkembangan selanjutnya ke intensitas olahraga yang lebih berat (yaitu 60% VO₂R atau HR Reserve) dapat memberikan manfaat kesehatan/kebugaran lebih lanjut.
- Durasi : Minimal 30 menit/hari (150 menit/minggu) berlanjut ke 60 menit/hari (300 menit/minggu) aktivitas aerobik intensitas sedang. Memasukkan olahraga dengan intensitas yang lebih kuat ke dalam total volume olahraga dapat memberikan manfaat kesehatan tambahan.
- Tipe : Tipe latihan utama berupa aktivitas fisik aerobik yang melibatkan kelompok otot besar. latihan ketahanan dan latihan fleksibilitas juga harus digabungkan.

c. *Cognitive Behavioural Therapy*

Terapi Perilaku Kognitif (CBT) adalah perpaduan antara terapi kognitif dan terapi perilaku dan bertujuan untuk membantu pasien mengubah wawasan dan pemahamannya tentang pemikiran dan keyakinan mengenai pengaturan berat badan, obesitas, dan konsekuensinya; ini juga secara langsung membahas perilaku yang memerlukan perubahan agar penurunan berat badan berhasil dan pemeliharaan penurunan berat badan. CBT mencakup beberapa komponen seperti pemantauan diri (misalnya catatan pola makan), teknik pengendalian proses makan, kontrol dan penegakan stimulus serta teknik kognitif dan relaksasi. Perawatan ini sebagian dapat diberikan dalam kelompok atau menggunakan manual *self-help* (Yumuk, et al., 2015).

d. Dukungan Psikologis

Dukungan psikologis dan/atau pengobatan kemudian akan menjadi bagian integral dari manajemen; dalam kasus khusus (kecemasan, depresi dan stres), rujukan ke spesialis dapat diindikasikan. Kelompok awam



swadaya dan dukungan kelompok pengobatan obesitas mungkin berguna dalam situasi ini (Yumuk, et al., 2015).

e. Farmakoterapi

Pengobatan farmakologis harus dipertimbangkan sebagai bagian dari strategi manajemen penyakit yang komprehensif. Farmakoterapi dapat membantu pasien mempertahankan kepatuhan, memperbaiki risiko kesehatan terkait obesitas, dan meningkatkan kualitas hidup. Hal ini juga dapat membantu mencegah perkembangan penyakit penyerta obesitas (misalnya diabetes melitus tipe 2). Terapi obat (orlistat, lorcaserin, phentermine) ini direkomendasikan untuk pasien dengan $IMT \geq 30 \text{ kg/m}^2$ atau $IMT \geq 27 \text{ kg/m}^2$ dengan penyakit terkait obesitas (Yumuk, et al., 2015).

f. Bedah Bariatrik

Pembedahan adalah pengobatan paling efektif untuk obesitas morbid dalam hal penurunan berat badan jangka panjang, perbaikan penyakit penyerta dan kualitas hidup serta penurunan angka kematian secara keseluruhan. Pembedahan dipertimbangkan untuk pasien berusia 18-60 tahun dengan $BMI \geq 40,0 \text{ kg/m}^2$ atau dengan BMI antara 35,0 dan 39,9 kg/m^2 dan penyakit penyerta, dimana penurunan berat badan yang diinduksi melalui pembedahan diharapkan dapat memperbaiki kelainan tersebut (seperti seperti diabetes tipe 2 dan gangguan metabolisme lainnya, penyakit kardiorespirasi, penyakit sendi parah dan obesitas terkait masalah psikologis yang parah) (Yumuk, et al., 2015).

2.1.6 Latihan dan Mekanisme Perbaikan Fungsi Kardiorespirasi

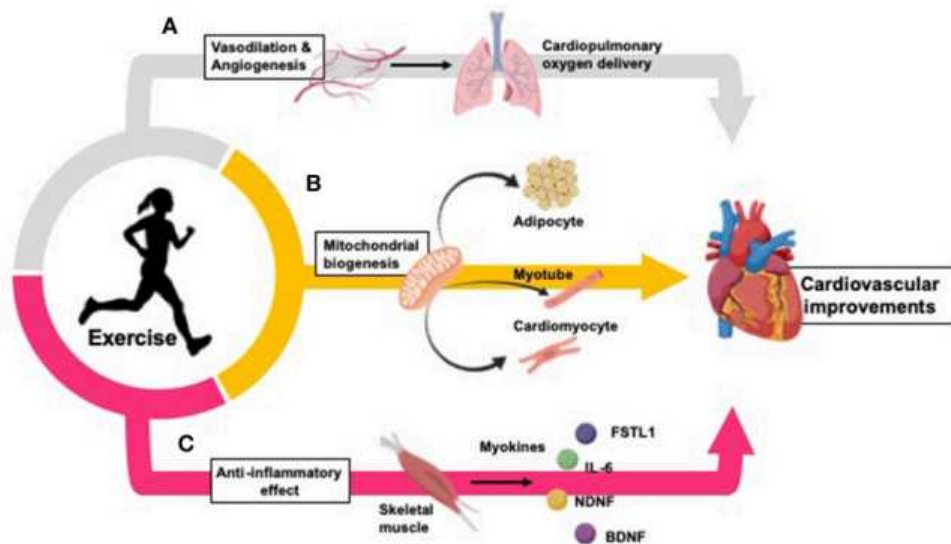
Intervensi dengan latihan dapat mengurangi jaringan adiposa, menurunkan tekanan darah sistolik, diastolik, dan tekanan darah rerata-rata, serta menurunkan profil lipid kolesterol total dan kolesterol *low-density* lipoprotein (LDL). Kombinasi pengaturan pola makan dan latihan menyebabkan penurunan berat badan, menurunkan lemak visceral, menurunkan trigliserida plasma, glukosa darah, tekanan darah, meningkatkan kadar HDL, perbaikan fungsi endotel serta meningkatkan $VO_{2\text{max}}$ (Pinckard, et al., 2019).

Latihan aerobik dengan berbagai intensitas (dari 50 hingga 95% VO_2), dalam jangka waktu yang bervariasi (1-47 bulan) dapat mengurangi angka terkait penyakit kardiovaskular, menurunkan risiko infark miokard, dan atkan kualitas hidup. Intervensi dengan rehabilitasi latihan aerobik pada ang mengalami infark miokard akut selama 1 tahun setelah operasi



intervensi koroner dapat meningkatkan fraksi ejeksi (60,81 vs 53% kelompok kontrol), peningkatan toleransi olahraga, dan penurunan faktor risiko kardiovaskular setelah 6 bulan memulai program rehabilitasi olahraga (Heran *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2018).

Latihan memiliki beberapa mekanisme dalam memperbaiki fungsi kardiorespirasi. Latihan dapat menginduksi adaptasi pada beberapa jenis sel dan jaringan di seluruh tubuh. Latihan meningkatkan biogenesis mitokondria pada adiposit, miosit otot rangka, dan kardiomyosit, sehingga meningkatkan fungsi respirasi aerobik di dalam jaringan ini. Selain itu, latihan meningkatkan transportasi oksigen ke seluruh tubuh melalui vasodilatasi dan angiogenesis, sehingga memberikan perlindungan dari cedera reperfusi iskemia di jantung. Latihan menyebabkan efek antiinflamasi jangka panjang yang berbanding terbalik dengan peningkatan inflamasi yang biasanya terlihat pada fungsi kardiovaskular dan obesitas. Myokin yang dilepaskan dari otot rangka selama latihan fisik sebagian memediasi efek anti-inflamasi ini, dan meningkatkan komunikasi antar jaringan untuk memediasi manfaat kardiovaskular lebih lanjut. (Pinckard, et al., 2019).



Gambar 2. 2 Mekanisme latihan memperbaiki fungsi kardiovaskular (Xiong, et al., 2023).

Latihan juga dapat meningkat fungsi respirasi dengan berbagai mekanisme yakni meningkatkan toleransi latihan pasien, kekuatan otot, meningkatkan konsumsi oksigen maksimum, kontrol neurologis jantung, dan hidup. Latihan yang teratur dilaporkan dapat meningkatkan respons n tubuh pasien dan memodulasi respon inflamasi tubuh. Latihan aerobik encegah peningkatan makrofag, jumlah neutrofil dan eosinofil serta tan yang signifikan sel T CD4+. Latihan terbukti menurunkan sitokin



proinflamasi dan meningkatkan sitokin antiinflamasi. Selain itu, latihan dapat meningkatkan kekuatan otot perifer dan pernapasan, mengubah keseimbangan otonom, pembersihan mukosiliar dan mempercepat interaksi vagal dan simpatik dalam pertukaran oksigen dan karbondioksida di paru (Xiong, et al., 2023).

2.2 Exergame

2.2.1 Definisi

"*Exergaming*", istilah yang diciptakan untuk menggabungkan latihan dan *gaming* (video *game*) dan semakin populer dalam beberapa dekade terakhir, terutama dengan sistem seperti *Dance Revolution*, *Wii Fit*, dan *Xbox 360 Kinect*. Dengan menggabungkan aspek kompetitif dan kenikmatan dalam bermain video *game* dengan aktivitas fisik, sistem *exergaming* dapat mengurangi rasa lelah dan meningkatkan motivasi sambil mempertahankan tingkat pengeluaran energi yang tinggi. *Exergaming* juga menggabungkan *elemen immersive virtual reality* (IVR) untuk lebih meningkatkan pengalaman pengguna. Teknologi yang baru lahir ini menghasilkan ruang 3D melalui sensor tubuh yang terpasang ditambah tampilan yang dipasang di kepala yang memerlukan penglihatan stereoskopis dan bidang pandang yang luas, memungkinkan partisipasi untuk berinteraksi dan 'tenggelam' dalam lingkungan *virtual* secara *real-time*, dan menciptakan umpan balik. Penggunaan *virtual reality* (VR) dalam olahraga telah menunjukkan kemampuan untuk mendapatkan kebutuhan fisiologis dan metabolisme yang lebih besar sambil mempertahankan atau bahkan meminimalkan pengorbanan tenaga yang dirasakan oleh pengguna sehingga cocok bagi populasi obesitas (Bronner, et al., 2015; Farix, et al., 2019; Mologne, et al., 2022)

Studi yang ada menunjukkan bahwa sampel lebih memilih untuk melakukan *exergame* ini daripada berolahraga dengan *treadmil* bahkan pada intensitas latihan yang lebih tinggi menggunakan *exergame*, subjek menganggap *exergame* kurang intens dan lebih menyenangkan. Penelitian penggunaan *exergame* pada pasien gagal jantung telah dikaitkan dengan peningkatan yang signifikan dalam pengeluaran energi dan kapasitas fungsional 6MWT yang menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat digunakan. *Exergame* juga menunjukkan potensi yang sangat besar dalam kepatuhan latihan pasien di

hasil *systematic review* dari Cordon et al pada sampel dengan penyakit dengan menggunakan intervensi VR sebagai olahraga menemukan tidak ada efek samping yang berarti pada sebagian besar penelitian,



namun ada studi yang menyebutkan bahwa *heart rate* (HR) pada sampel melebihi dari batas maksimal dan kekakuan pada otot. Namun hasil metanalisis pada penelitian ini menunjukkan hasil yang efek yang kurang pada HR rerata, *peak* HR, dan saturasi oksigen serta efek yang *moderate* pada tingkat sesak jika dibandingkan dengan olahraga tradisional (Mologne, et al., 2022; Jaarsma, et al., 2015; McDonough, et al., 2018; Condon, et al., 2020).

Exergame terdiri dari latihan fisik seluruh tubuh yang dilakukan melalui video *game* aktif yang membutuhkan koordinasi motorik kasar dan visual-spasial, keseimbangan, dan energi ekpenditur, yang sebanding dengan aktivitas fisik dengan intensitas sedang. Latihan ini memungkinkan partisipan untuk berlatih di rumah dan mencapai intensitas latihan aerobik dan energi ekpenditur yang direkomendasikan (Lanningham-Foster et al., 2009)

Pendekatann dengan menggunakan *game* dapat digunakan untuk mempromosikan dan memotivasi latihan fisik, sehingga memungkinkan untuk berpartisipasi dalam permainan yang menyenangkan dan juga menantang secara fisik. Beberapa studi telah menunjukkan *virtual reality exergame* dapat mendukung kepatuhan dan motivasi latihan, yang berpotensi mengarah pada peningkatan kualitas hidup (Reis et al., 2019).

Beberapa aplikasi *virtual reality exergame* juga telah mengintegrasikan aspek sosial, sehingga dapat memotivasi seseorang untuk berpartisipasi dalam melakukan latihan. Salah satu penelitian mengeksplorasi peran motivasi sosialisasi teman sebaya dalam *exergame* melalui permainan kompetitif atau kolaboratif. Sebuah studi melaporkan dengan *exergame* melalui VR dapat meningkatkan motivasi kepatuhan dan rasa senang setelah melakukan latihan bersama walaupun bertemu secara virtual dengan teman sebayanya (Høeg et al., 2021; Shah et al., 2022; Piech dan Czernicki, 2021).

2.2.2 Exergame terhadap Fungsi Kardiorespirasi dan Obesitas

Pada review sistematik dengan penelitian dengan obseitas dan dewasa muda, exergame terbukti manfaatnya terhadap IMT, tingkat aktivitas fisik, kontrol glikemik, tekanan darah dan kebugaran kardiorespirasi. Pada penelitian yang dilakukan Staiano et al, setelah bermain wii tennis selama 30 menit, mengeluarkan lebih banyak kalori ketika bermain melawan teman sebaya dibandingkan ketika melawan karakter virtual, jumlah kalori yang dikeluarkan selama bermain sial melawan teman sebaya juga sangat mirip dengan yang dikeluarkan smukul bola tenis di lapangan pada pemain tenis pemula. Pada sebuah



studi dengan *exergame* yang dilakukan disekolah setelah diteliti selama 8 bulan (Staiano & Calvert, 2013).

Sebuah studi randomisasi secara acak, membuktikan setelah dilakukan sepeda *exergame* selama 45 menit dalam 8 minggu, grup *exergame* menunjukkan VO2peak yang lebih tinggi dibandingkan dengan grup control setelah intervensi. Studi lain membuktikan setelah bermain *Fitness Boxing* pada *Nintendo Switch*, memberikan respon kardiovaskular (peningkatan denyut jantung dan tekanan darah sistolik) dengan intensitas aktivitas fisik sedang hingga berat. *Exergame* ini berpotensi sebagai alternatif cara meningkatkan aktivitas fisik, menghindari kebosanan, meningkatkan kepatuhan dan kesinambungan aktivitas fisik (Berg, et al., 2021; Aji, et al., 2021).

