

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Obesitas merupakan penumpukan lemak tubuh yang berlebihan, berhubungan dengan sejumlah kondisi kesehatan, termasuk penyakit kardiovaskular, diabetes tipe 2, kanker, gangguan muskuloskeletal, dan penyakit lainnya yang terjadi di negara maju maupun negara berkembang. Hal ini menyebabkan obesitas menjadi masalah kesehatan secara global (Jakicic *et al.*, 2018; Salim, Wihandani and Dewi, 2021; Nugraha *et al.*, 2022).

Peningkatan prevalensi dari insiden obesitas di negara maju dan berkembang sudah terjadi sejak 25 tahun terakhir. Data prevalensi obesitas di dunia menunjukkan terjadinya peningkatan dari tahun 2014 sampai tahun 2017, yaitu sebesar 7,92% menjadi 8,44%. Perkembangan prevalensi obesitas orang dewasa di Asia Tenggara juga mengalami peningkatan yang signifikan dari tahun 2011 sampai tahun 2016 yaitu 3,4% (Oroh *et al.*, 2021). Di mana masalah obesitas di Indonesia sendiri telah meningkat dalam tiga dekade terakhir. Hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) di Indonesia menunjukkan bahwa *overweight* meningkat dari 8,6% di tahun 2007 menjadi 13,6% di tahun 2018 sementara obesitas meningkat dari 10,5% di tahun 2007 menjadi 21,8 % di tahun 2018 (P2PM, 2022). Pada wilayah Provinsi Sulawesi Selatan menurut riskesdas tahun 2013 persentase penderita obesitas sentral pada usia >15 tahun di Kota Makassar sebesar 34,6% dan meningkat pada tahun 2018 menjadi 37,33% (Badan Penelitian Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2013; Lembaga Penelitian Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2018).

Menurut *World Health Organization* (WHO), risiko kesehatan yang berhubungan dengan obesitas, meningkat seiring dengan peningkatan Indeks Massa Tubuh (IMT). WHO membagi tingkat risiko berdasarkan IMT, risiko rendah (IMT < 18,5 kg/m<sup>2</sup>), risiko sedang (IMT 18,5-24,9 kg/m<sup>2</sup>), risiko tinggi (IMT 25,0-29,9 kg/m<sup>2</sup>), risiko sangat tinggi (IMT 30,0-34,9 kg/m<sup>2</sup>), risiko berat (IMT 35,0-39,9 kg/m<sup>2</sup>), dan risiko sangat berat (IMT 40 kg/m<sup>2</sup> atau lebih). Salah satu faktor yang memengaruhi obesitas adalah kurangnya aktivitas fisik, selain faktor-faktor lain seperti : konsumsi makanan berlemak tinggi, konsumsi makanan berlebih, usia, jenis kelamin, faktor psikologi/stress, perilaku merokok, konsumsi alkohol, dan

gangguan sistem saraf. Peningkatan massa tubuh akibat kelebihan berat badan atau obesitas akan meningkatkan risiko terjadinya perubahan pada sistem muskuloskeletal. Perubahan seperti ini dapat menjadi signifikan secara klinis karena memicu proses patologis (Schwanke *et al.*, 2016; Sudikno *et al.*, 2020).

Dengan semakin meningkatnya insiden dari obesitas maka perlu dilakukan pembinaan kesehatan sedini mungkin dan selama siklus hidup manusia sampai memasuki masa lanjut usia dengan meminimalkan faktor risiko yang harus dihindari dan memaksimalkan faktor protektif yang dapat melindungi dan meningkatkan status kesehatan, salah satunya dengan melakukan latihan fisik. Orang dewasa yang berusia antara 18 dan 65 tahun harus melakukan setidaknya 5 hari per minggu latihan aerobik intensitas sedang atau 3 hari per minggu latihan aerobik intensitas tinggi, dua hingga tiga set latihan ketahanan otot selama seminggu, dan 2–3 hari per minggu peregangan otot utama untuk fleksibilitas agar tetap bugar dan sehat, seperti yang direkomendasikan oleh pedoman *American College of Sports Medicine* (ACSM) (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2016; Riebe, 2018; Mohd Jai, Mat Rosly and Abd Razak, 2021).

Saat ini *exergame* telah menjadi bagian populer dari program latihan, dengan kombinasi olahraga dan permainan. Peserta dapat melakukan aktivitas fisik dan gerakan yang berbeda, sehingga berfungsi sebagai latihan intensitas sedang hingga tinggi. *Exergame* ini menyediakan simulasi dan pengalaman latihan yang sebenarnya, sehingga peserta dapat berinteraksi dengan sistem secara *real time*, yang dapat meningkatkan motivasi peserta untuk berolahraga dan memungkinkan mereka untuk menikmati olahraga tersebut. *Exergame* menjadi salah satu cara untuk memotivasi dan melibatkan orang dengan obesitas untuk melakukan olahraga melalui permainan yang menyenangkan, berbiaya rendah dan aman untuk meningkatkan aktivitas fisik dan fungsi motorik (Hossain, Hassan and Alamri, 2013; Davoodeh *et al.*, 2020).

Sebagian besar studi meneliti pengaruh *exergame* terhadap perilaku, kognitif, psikologis, dan hasil fisik pada populasi anak, remaja dan lansia yang dibandingkan dengan intervensi latihan fisik lainnya (Huang *et al.*, 2017; Htut *et al.*, 2018; Song, Song and Kim, 2021). Namun belum ada penelitian yang membahas secara spesifik perbandingan efektivitas *exergame* terhadap kekuatan dan ketahanan otot pada orang dewasa dengan berat badan normal dan obesitas. Oleh karena adanya keterbatasan data, peneliti tertarik untuk meneliti pengaruh

*exergame* terhadap kekuatan dan ketahanan otot pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Bagaimana perbandingan perubahan kekuatan dan ketahanan otot pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal setelah pemberian *exergame*?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Tujuan Umum**

Mengetahui perbandingan perubahan kekuatan dan ketahanan otot pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal setelah pemberian *exergame*

### **1.3.2 Tujuan Khusus**

1. Mengetahui perubahan terhadap kekuatan otot anggota gerak atas dan bawah pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal setelah pemberian *exergame*.
2. Mengetahui perubahan terhadap ketahanan otot tubuh bagian atas dan bawah pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal setelah pemberian *exergame*.
3. Mengetahui perbandingan perubahan kekuatan dan ketahanan otot 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 kekuatan dan ketahanan otot pada populasi orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal.
- b. Menjadi dasar teori dalam pembuatan panduan klinis khususnya dalam peresepan latihan pada rehabilitasi orang dewasa dengan obesitas.

#### **1.4.2 Manfaat Metodologi**

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

#### **1.4.3 Manfaat Aplikatif**

- a. Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai acuan untuk pengembangan program latihan fisik menggunakan *exergame* pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal.
- b. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu upaya pencegahan efek obesitas terhadap kesehatan individu.
- c. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam pembentukan program di Universitas Hasanuddin terkait tingkat kekuatan dan ketahanan otot pada orang dewasa dengan obesitas dan berat badan normal.
- d. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar membuat program kesehatan layanan unggulan *exergame* di bidang Ilmu Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi, sekaligus mendukung pilar kesehatan terkait edukasi mengenai olahraga.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Obesitas

##### 2.1.1 Definisi

Obesitas merupakan penumpukan lemak yang berlebihan akibat ketidakseimbangan antara konsumsi energi dan pengeluaran energi. Secara fisiologis, obesitas didefinisikan sebagai suatu keadaan dengan akumulasi lemak yang tidak normal atau berlebihan di jaringan adiposa sehingga dapat mengganggu kesehatan. Untuk mengukur lemak tubuh secara langsung tidak mudah sehingga metode yang paling banyak digunakan untuk mengukur tingkat obesitas pada orang dewasa berdasarkan perhitungan IMT. Nilai IMT diperoleh dengan cara membagi berat badan seseorang dengan kuadrat tinggi badan ( $\text{kg/m}^2$ ) (Hastuti, 2018; Lin and Li, 2021; Salim, Wihandani and Dewi, 2021).

Berikut klasifikasi berat badan berlebih dan obesitas pada orang dewasa

**Tabel 2. 1** Klasifikasi berat badan berlebih dan obesitas pada orang dewasa berdasarkan IMT menurut WHO (Hastuti, 2018)

| KLASIFIKASI                        | IMT ( $\text{kg/m}^2$ ) |
|------------------------------------|-------------------------|
| 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                        | $\geq 30$               |

**Tabel 2. 2** Klasifikasi berat badan pada orang dewasa berdasarkan IMT nasional (kementerian kesehatan, 2021)

| KLASIFIKASI |        | IMT (kg/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|--------|--------------------------|
| Kurus       | Berat  | < 17,0                   |
|             | Ringan | 17,0 – 18,4              |
| Normal      |        | 18,5 -25,0               |
| Gemuk       | Ringan | 25,1 – 27,0              |
|             | Berat  | > 27                     |

**Tabel 2. 3** Klasifikasi berat badan berlebih dan obesitas pada orang dewasa berdasarkan IMT dan lingkar perut menurut kriteria Asia Pasifik (Hastuti, 2018).

| KLASIFIKASI        | IMT (kg/m <sup>2</sup> ) | Risiko Ko-Morbiditas   |                        |
|--------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
|                    |                          | Lingkar Perut          |                        |
|                    |                          | < 90 cm<br>(laki-laki) | > 90 cm<br>(laki-laki) |
|                    |                          | < 80 cm<br>(perempuan) | >80 cm<br>(perempuan)  |
| Berat badan kurang | < 18,5                   | Rendah                 | Sedang                 |
| Kisaran normal     | 18,5 – 22,9              | Sedang                 | Meningkat              |
| Berat badan lebih  | ≥ 23,0                   |                        |                        |
| Berisiko           | 23,0-24,9                | Meningkat              | Moderat                |
| Obesitas I         | 25,0-29,9                | Moderat                | Berat                  |
| Obesitas II        | ≥ 30,0                   | Berat                  | Sangat berat           |

Pada obesitas ukuran dan jumlah sel lemak meningkat. Secara patologi anatomi, obesitas diklasifikasikan berdasarkan jumlah adiposit, distribusi lemak tubuh, atau dari karakterisasi deposit lemak yang terlokalisasi (Hastuti, 2018):

a. Ukuran dan jumlah sel lemak

Ukuran sel lemak dapat diperkirakan berdasarkan jumlah total lemak tubuh dan ukuran dari sel lemak. Pada orang dewasa, batas atas dari total sel lemak antara 40 hingga 60 x 10<sup>9</sup>. Jumlah sel lemak meningkat tajam selama masa kanak-kanak dan pubertas, tetapi dapat juga meningkat saat dewasa. Jumlah sel lemak meningkat tiga hingga lima kali apabila obesitas terjadi saat masa

kanak-kanak atau masa remaja. Obesitas berdasarkan ukuran dan jumlah sel lemak dibagi menjadi obesitas hipertrofi dan hiperseluler (Hastuti, 2018).

#### 1. Obesitas hipertrofi

Pembesaran sel lemak berkorelasi dengan distribusi lemak dan berhubungan dengan penyakit metabolik lain, seperti intoleransi glukosa, dislipidemia, hipertensi, dan penyakit jantung koroner. Hal ini dapat terjadi karena sel lemak yang besar dapat mensekresikan lebih banyak peptide dan metabolit lain (Hastuti, 2018).

#### 2. Obesitas hiperseluler

Peningkatan jumlah sel lemak biasanya terjadi ketika obesitas berkembang saat masa kanak-kanak. Ketika obesitas terjadi saat awal atau pertengahan masa kanak-kanak, tipe obesitas dapat menjadi parah. Peningkatan jumlah sel lemak juga dapat terjadi saat dewasa dan saat IMT lebih besar daripada  $40 \text{ kg/m}^2$  (Hastuti, 2018).

#### b. Distribusi lemak

Pengukuran distribusi lemak di subkutan dan kompartemen *visceral* penting karena lemak *visceral* dapat memprediksi perkembangan risiko kesehatan akibat tingginya total lemak tubuh. Distribusi lemak tubuh dapat diestimasi oleh beberapa teknik, seperti *waist-hip ratio* (WHR), yaitu rasio lingkar pinggang dibagi dengan lingkar pinggul. *Waist-hip ratio* pertama kali dikenal pada tahun 1980 yang dapat mengetahui hubungan lokasi lemak sentral yang berisiko terhadap perkembangan penyakit jantung, diabetes, dan masalah kronik lainnya yang berkaitan dengan obesitas. Hingga sekarang metode WHR masih diterima secara luas. Untuk tujuan praktik, lingkar pinggang sendiri dan atau metode WHR digunakan sebagai salah satu kriteria untuk mengevaluasi kontribusi distribusi lemak sehingga dapat mengetahui risiko kesehatan akibat obesitas (Hastuti, 2018).

Untuk menentukan WHR, lingkar pinggang diukur pada lingkar terkecil antara tulang rusuk dan *iliac crest* saat berdiri dengan perut rileks pada akhir ekspirasi normal. Lingkar pinggul diukur pada lingkar maksimum antara *iliac crest* dan perineum. Rasio pinggang terhadap pinggul kemudian dihitung dari ukuran pinggang dan pinggul (lingkar pinggang/lingkar pinggul) (Karmacharya *et.al.*, 2019).

### 2.1.2 Prevalensi obesitas pada orang dewasa

Pada literatur review yang dilakukan Rachmi, dkk, menunjukkan tingkat kelebihan berat badan lebih tinggi pada wanita dibandingkan dengan pria, prevalensi kelebihan berat badan / obesitas pada orang dewasa sebesar 14,6% ( $IMT \geq 25 \text{ kg/m}^2$ ), dan menemukan bahwa prevalensi kelebihan berat badan pada wanita berusia 19-49 tahun hampir meningkat dua kali lipat selama 14 tahun. Dengan kesimpulan prevalensi obesitas di Indonesia lebih tinggi pada wanita dibandingkan dengan pria. Sebuah survei prevalensi di Purworejo pada tahun 2005 menemukan prevalensi kelebihan berat badan (kriteria WHO 2000) jauh lebih tinggi pada wanita daripada pria berusia 25-64 tahun (masing-masing 23,9% dan 9,5%). Salah satu analisis data sekunder dari Survei Kesehatan Nasional (Riskesdas) pada tahun 2007 dan 2010, menemukan prevalensi gabungan kelebihan berat badan / obesitas ( $IMT \geq 25 \text{ kg/m}^2$ ) pada orang dewasa berusia 19-55 tahun meningkat dari 19,8% pada tahun 2007 menjadi 23,0% pada tahun 2010, dengan prevalensi yang lebih tinggi pada wanita (masing-masing 24,6% dan 28,7%) dibandingkan dengan pria (masing-masing 14,8% dan 17,0%) di kedua tahun tersebut. Studi lain menggunakan kumpulan data Riskesdas 2010 wanita berusia 19-55 tahun menemukan prevalensi kelebihan berat badan / obesitas (kriteria WHO 2000) pada wanita sebesar 29,4%. Sebuah analisis tahun 2012 yang berfokus pada peserta yang lebih tua ( $>60$  tahun) dari Riskesdas 2010 menemukan bahwa prevalensi kelebihan berat badan (kriteria WHO 2000) lebih tinggi pada wanita (22,9%) dibandingkan dengan pria (16,0%). Pada orang dewasa, prevalensi kelebihan berat badan telah meningkat sejak awal 1990-an, dengan tingkat prevalensi yang lebih tinggi pada wanita dibandingkan dengan pria (Rachmi *et.al.*, 2017).

Sementara untuk wilayah Provinsi Sulawesi Selatan menurut riskesdas tahun 2013 persentase penderita obesitas sentral pada usia  $>15$  tahun di Kota Makassar sebesar 34,6% dan meningkat pada tahun 2018 menjadi 37,33% (Badan Penelitian Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2013; Lembaga Penelitian Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2018).

### 2.1.3 Patofisiologi

Secara umum obesitas dapat disebabkan oleh ketidakseimbangan kalori yang diakibatkan asupan energi yang jauh melebihi kebutuhan tubuh. Obesitas terjadi karena adanya kelebihan energi yang disimpan dalam bentuk jaringan lemak dalam tubuh. Gangguan keseimbangan energi ini disebabkan oleh faktor

eksogen (obesitas primer) sebagai akibat nutrisi (90%) dan faktor endogen (obesitas sekunder) akibat adanya kelainan hormonal, sindrom atau defek genetik tertentu (10%). Pengaturan keseimbangan energi diperankan oleh hipotalamus melalui tiga proses fisiologis, yaitu: mengendalikan rasa lapar dan kenyang, memengaruhi laju pengeluaran energi, dan meregulasi sekresi hormon. Proses biologis yang mengatur ini disebut homeostasis energi. Gangguan metabolisme ini diketahui terjadi ketika ada ketidakseimbangan antara asupan energi dan energi yang dikeluarkan. Mekanisme regulasi homeostasis energi terutama terjadi di otak (Hastuti, 2018; Salim, Wihandani and Dewi, 2021)

Proses dalam pengaturan penyimpanan energi ini terjadi melalui sinyal-sinyal eferen (yang berpusat di hipotalamus) setelah mendapatkan sinyal aferen dari perifer (jaringan adiposa, usus dan jaringan otot). Sinyal-sinyal tersebut bersifat anabolik (meningkatkan rasa lapar serta menurunkan pengeluaran energi) dan dapat pula bersifat katabolik (anoreksia, meningkatkan pengeluaran energi). Jumlah leptin yang diproduksi akan seimbang dengan jumlah lemak yang disimpan dalam tubuh. Leptin melalui sirkulasi darah mencapai hipotalamus, sedangkan  $\alpha$ -*Melanocyte Stimulating Hormone* ( $\alpha$ -MSH) merupakan mediator alur hilirnya. Sintesis dan sekresi  $\alpha$ -MSH oleh nukleus arkuatus hipotalamus dikendalikan secara positif oleh ikatan antara leptin dengan reseptornya di badan saraf tersebut yang diikuti perubahan *proopiomelanocortin* (POMC) menjadi  $\alpha$ -MSH. Selanjutnya,  $\alpha$ -MSH menekan pusat lapar dan melalui sirkulasi darah ke perifer meningkatkan metabolisme dengan memacu lipolisis pada jaringan adiposa. Pada kondisi simpanan lemak yang kurang, setelah pembatasan asupan makanan dan pembakaran lemak karena aktivitas, leptin menjadi turun sehingga kadar  $\alpha$ -MSH di hipotalamus berkurang. Keadaan ini akan merangsang neuron pusat lapar di hipotalamus melepaskan *Agouti-related Protein* (AgRP) yang sintesisnya ditekan oleh leptin melalui ikatan dengan reseptornya. AgRP merangsang nafsu makan melalui mekanisme antagonis  $\alpha$ -MSH terhadap *melanocortin-4-receptor* (MC4-R). Selanjutnya, pengurangan sintesis  $\alpha$ -MSH dari POMC menekan katabolisme lemak sampai simpanan lemak di adiposit terisi kembali sebagai hasil kombinasi efek tersebut dengan perilaku makan. Bila simpanan lemak sudah cukup, mekanisme kontrol kembali ke inhibisi nafsu makan dan peningkatan penggunaan energi, sehingga berat badan dapat dipertahankan (Salim *et.al.*, 2021).

Efek dari obesitas dibagi menjadi :

a. Dampak Anatomi

Kelebihan lemak biasanya berkembang perlahan seiring waktu. Akresi lipid, terutama trigliserida, dalam jaringan adiposa terjadi bersamaan dengan peningkatan volume pada otot rangka, hati, dan organ serta jaringan lain. Kelebihan berat badan pada orang yang obesitas mencakup proporsi yang bervariasi dari organ dan jaringan ini. Orang dengan obesitas, dibandingkan dengan orang tanpa kelebihan berat badan atau obesitas, memiliki massa lemak dan massa otot yang lebih besar, begitu pula dengan *resting energy expenditure* yang lebih tinggi, curah jantung, dan tekanan darah serta massa sel beta pankreas yang lebih besar. Sekresi insulin dalam keadaan puasa dan setelah beban glukosa meningkat secara linier dengan IMT. Dengan bertambahnya berat badan dari waktu ke waktu, kelebihan lipid didistribusikan ke banyak kompartemen tubuh. Jaringan adiposa subkutan menampung sebagian besar lipid yang disimpan di berbagai bagian anatomi tubuh yang berbeda dalam hal karakteristik metabolik dan fisiologis. Sebagian besar *adipocytes* dalam jaringan adiposa subkutan berwarna putih. Obesitas disertai dengan peningkatan makrofag dan sel imun lainnya dalam jaringan adiposa, sebagian karena *remodelling* jaringan, sebagai respon terhadap apoptosis *adipocytes*. Sel-sel imun ini mengeluarkan sitokin proinflamasi, yang berkontribusi pada resistensi insulin yang sering terjadi pada pasien obesitas (Heymsfield and Wadden, 2017; Gadde *et al.*, 2018)

Jaringan adiposa visceral merupakan kompartemen penyimpanan lipid yang lebih kecil dibandingkan dengan jaringan adiposa subkutan. Jaringan adiposa dapat mengelilingi ginjal. Jaringan adiposa yang berlebihan dapat menyebabkan kompresi ginjal, atau penekanan pada ginjal yang dapat menyebabkan peningkatan tekanan darah. Selain itu, obesitas sering disertai dengan peningkatan jaringan lunak faring, yang dapat menyumbat saluran udara selama tidur dan menyebabkan apnea tidur obstruktif. Kelebihan adipositas juga membebani sendi secara mekanis, menjadikan obesitas sebagai faktor risiko untuk perkembangan osteoarthritis. Peningkatan tekanan intraabdominal diduga menjadi penyebab peningkatan risiko penyakit refluks gastroesofagus, *Barrett's esophagus*, dan adenokarsinoma esofagus pada orang yang kelebihan berat badan atau obesitas (Heymsfield and Wadden, 2017; Jin *et al.*, 2023).

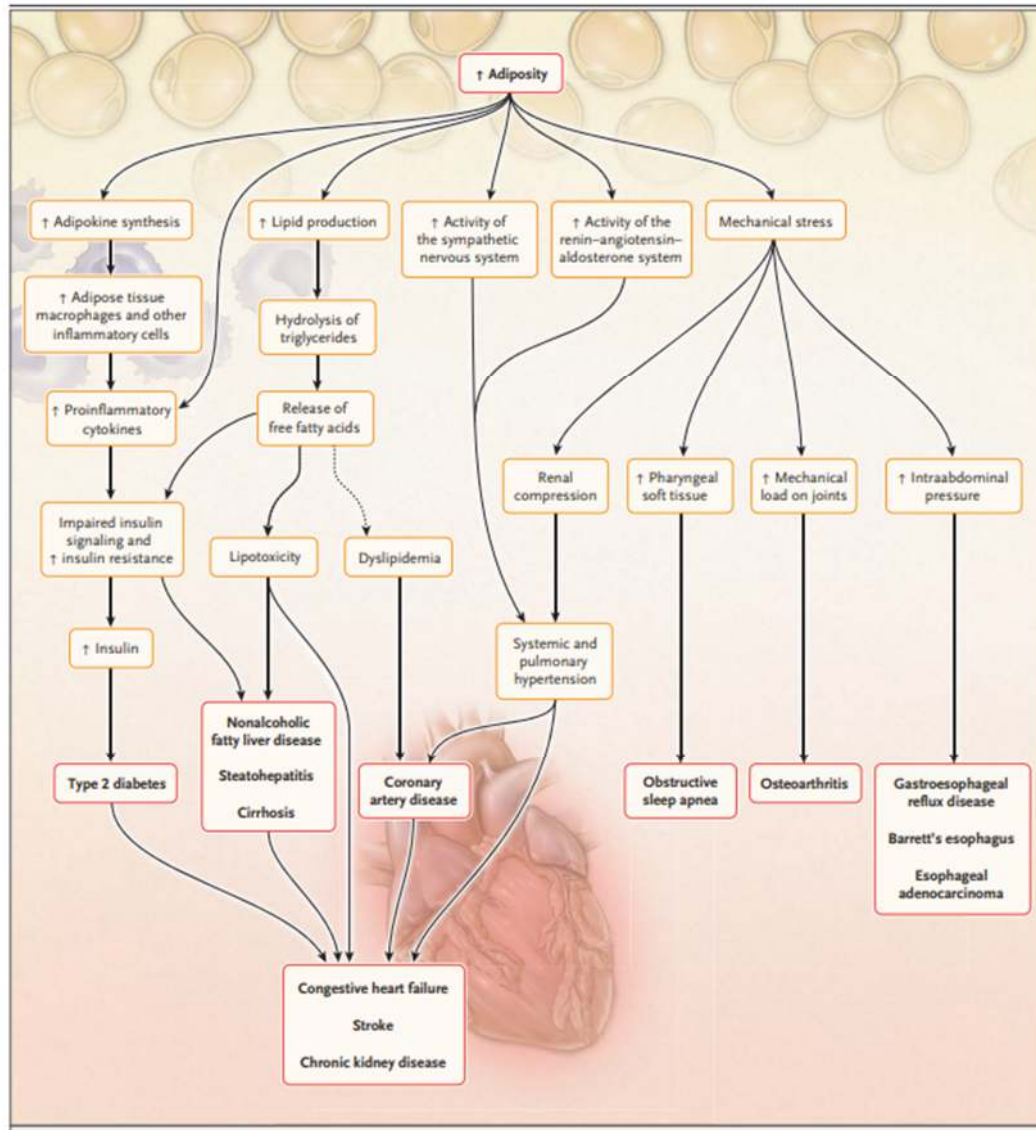
#### b. Efek fisiologis dan metabolik

Adiposit mensintesis adipokines dan hormon, yang tingkat sekresi dan efeknya dipengaruhi oleh distribusi dan jumlah jaringan adiposa yang ada. Sekresi berlebihan proinflamasi adipokin oleh adiposit dan makrofag dalam jaringan adiposa menyebabkan keadaan inflamasi sistemik tingkat rendah pada beberapa orang dengan obesitas. Hidrolisis trigliserida dalam adiposit melepaskan asam lemak bebas, yang kemudian diangkut dalam plasma ke situs-situs di mana mereka dapat digunakan secara metabolik. Kadar asam lemak bebas plasma seringkali tinggi pada pasien obesitas, mencerminkan beberapa sumber yang termasuk massa jaringan adiposa yang membesar (Heymsfield and Wadden, 2017; Jin *et al.*, 2023).

Selain ditemukan dalam jaringan adiposa, lipid juga ditemukan dalam liposom, yang merupakan organel sitoplasma kecil yang berada di dekat mitokondria pada banyak jenis sel. Dengan kelebihan adipositas, liposom dalam hepatosit dapat bertambah besar ukurannya (steatosis), membentuk vakuola besar yang disertai dengan serangkaian keadaan patologis, termasuk penyakit hati berlemak nonalkohol, steatohepatitis, dan sirosis. Akumulasi kelebihan lipid intermediat (misalnya, *ceramides*) di beberapa jaringan nonadiposa dapat menyebabkan lipotoksitas dengan disfungsi sel dan apoptosis. Kadar asam lemak bebas yang tinggi, sitokin inflamasi, dan lipid intermediat dalam jaringan nonadiposa berkontribusi pada gangguan sinyal insulin dan keadaan resisten insulin yang terjadi pada banyak pasien yang kelebihan berat badan atau obesitas. Resistensi insulin juga sangat terkait dengan kelebihan jaringan adiposa intraabdominal (Heymsfield and Wadden, 2017; Jin *et al.*, 2023).

Adanya temuan metabolik dan anatomis ini adalah salah satu dari beberapa mekanisme patofisiologis yang mendasari dislipidemia obesitas (peningkatan trigliserida plasma puasa dan kadar kolesterol lipoprotein densitas rendah dan kadar kolesterol lipoprotein densitas tinggi yang rendah), diabetes tipe 2, penyakit hati terkait obesitas, dan osteoarthritis. Peningkatan kadar *bioavailable* faktor pertumbuhan seperti insulin 1 dan molekul pemicu tumor lainnya telah terlibat dalam perkembangan beberapa kanker. Hiperaktivitas kronis sistem saraf simpatis terjadi pada beberapa pasien dengan obesitas dan mungkin sebagian menjelaskan beberapa proses patofisiologis, termasuk tekanan darah tinggi. Gambar di bawah ini menunjukkan beberapa jalur dimana efek mekanis,

metabolik, dan fisiologis dari kelebihan adipositas menyebabkan penyakit kronis yang saling berdampungan (Heymsfield and Wadden, 2017; Gadde *et al.*, 2018).



**Gambar 2. 1** Jalur obesitas. Penyakit kronis ditampilkan dalam kotak merah. Panah putus-putus menunjukkan hubungan tidak langsung (Heymsfield dan Wadden, 2017).

### c. Dampak Psikologis

Obesitas dikaitkan dengan peningkatan prevalensi gangguan *mood*, kecemasan, dan gangguan psikiatri lainnya, terutama di antara orang dengan obesitas berat dan mereka yang mencari operasi bariatrik. Jalur kausal antara

obesitas dan gangguan psikiatri mungkin bersifat dua arah. Selain itu, obat-obatan yang digunakan untuk mengobati gangguan bipolar, depresi mayor, dan beberapa gangguan psikotik dapat disertai dengan peningkatan berat badan yang substansial (Heymsfield dan Wadden, 2017).

#### **2.1.4 Dampak obesitas terhadap muskuloskeletal**

Pada populasi orang dewasa dengan obesitas, masalah kesehatan muskuloskeletal yang utama berhubungan dengan degenerasi progresif struktur sendi. Beban yang lebih besar dari normal (sebagai fungsi dari kelebihan berat badan) dapat mengubah struktur dan fungsi tulang rawan artikular, yang secara langsung memengaruhi perkembangan osteoarthritis. (Shultz *et.al.*, 2014).

Pada orang dengan obesitas terjadi peningkatan kadar sitokin pro-inflamasi, khususnya *interleukin-6* (IL-6) dan *tumor necrosis factor-alpha* (TNF- $\alpha$ ). Sitokin sebenarnya berhubungan dengan penurunan massa dan kekuatan otot pada orang tua (melalui peningkatan katabolisme protein otot dan penghambatan sintesis protein otot). Efek ini dapat diperparah oleh gangguan kapasitas regenerasi otot rangka pada individu obesitas. Hal ini belum dikonfirmasi pada populasi manusia, namun model hewan telah menunjukkan gangguan kapasitas regeneratif pada tikus obesitas dan diabetes, dengan mekanisme fungsi sel satelit yang terganggu akibat kelebihan lipid. Namun, efek spesifik dari kadar adipositas tinggi yang kronis dihubungkan dengan peradangan sistemik yang terkait dengan penuaan dan gangguan kapasitas regeneratif otot rangka terhadap struktur dan fungsi otot rangka masih belum sepenuhnya dipahami (Tomlinson *et al.*, 2016).

Penelitian mengenai efek obesitas pada ukuran dan fungsi otot telah menggambarkan hubungan antara torsi otot dan daya ke massa tubuh, di mana orang obesitas menunjukkan daya dan torsi *maximal voluntary contraction* (MVC) yang lebih tinggi daripada individu dengan berat badan normal. Hal ini disebabkan oleh massa ekstra dari tingkat massa lemak yang tinggi yang terlihat pada individu obesitas dapat memicu stimulus latihan positif pada otot rangka. Namun, karena peningkatan massa lemak secara bertahap dan berkelanjutan yang dialami individu obesitas, adaptasi otot rangka pada individu obesitas mungkin berbeda dari individu sehat yang melakukan latihan resistensi berbeban (Tomlinson *et al.*, 2016).

Individu obesitas menyimpan jaringan adiposa tingkat tinggi secara kronis. Di mana jaringan adiposa ini diketahui bertindak sebagai organ endokrin yang

mengeluarkan berbagai hormon dan sitokin inflamasi, sehingga meningkatkan stres biokimia. Dengan demikian, pada individu obesitas terjadi peningkatan sirkulasi sitokin pro-inflamasi. Sitokin pro-inflamasi, seperti TNF- $\alpha$ , *interleukin 1 alpha* (IL-1 $\alpha$ ), IL-6 dan *C-reactive protein* (CRP) berperan terhadap respon inflamasi sistemik akut dan kronis, sehingga memiliki dampak buruk terhadap otot rangka. Sitokin pro-inflamasi ini dapat menstimulasi degradasi protein otot yang menyebabkan pengurangan dan atrofi otot serta mengurangi sintesis protein otot. Tingkat TNF- $\alpha$  yang tinggi secara kronis memicu degradasi protein dan penurunan sintesis protein dengan efek berupa atrofi otot rangka. Selain itu obesitas seringkali memicu ada perubahan komposisi serat otot dari serat otot tipe lambat ke cepat, sehingga mempengaruhi kekuatan dan ketahanan otot (Tomlinson *et al.*, 2016; Tallis, James and Seebacher, 2018).

### **2.1.5 Prinsip pengelolaan obesitas**

Penurunan berat badan harus dianjurkan untuk semua pasien dengan obesitas dan juga untuk pasien kelebihan berat badan dengan adanya kondisi komorbid seperti pradiabetes, diabetes, hipertensi, dan dislipidemia. Untuk sebagian besar pasien yang perlu menurunkan berat badan karena alasan medis, tujuan awal harus berupa penurunan berat badan 5% hingga 10% selama 6 bulan pertama (Gadde *et al.*, 2018).

Berbagai pedoman profesional yang dikembangkan di Amerika Serikat, Eropa, dan tempat lain untuk pengelolaan pasien dengan obesitas menekankan pada intervensi gaya hidup multimodal yang mencakup perubahan pola makan, peningkatan aktivitas fisik, dan modifikasi perilaku. Farmakoterapi, perangkat medis, dan operasi bariatrik adalah pilihan pengobatan lain untuk pasien yang membutuhkan intervensi tambahan (Gadde *et al.*, 2018).

Penting untuk diketahui bahwa saat ini, diagnosis obesitas dilakukan dengan rumus yang menggunakan tinggi dan berat badan, bukan berdasarkan biomarker spesifik. Oleh karena itu, penyebab obesitas dan patofisiologinya mungkin tidak sama untuk semua pasien. Oleh karena itu, ada heterogenitas respons yang cukup besar terhadap pengobatan yang disetujui dan ditetapkan, apakah itu modifikasi gaya hidup, terapi obat, atau intervensi bedah (Gadde *et al.*, 2018).

Pilihan pengobatan utama dengan dukungan berbasis bukti yang memadai adalah intervensi gaya hidup, farmakoterapi, dan operasi bariatrik. Modifikasi gaya hidup (Heymsfield and Wadden, 2017).

a. Intervensi gaya hidup

Intervensi gaya hidup yang dirancang untuk mengubah perilaku makan dan aktivitas fisik adalah pilihan pertama untuk pengelolaan berat badan, mengingat biayanya yang rendah dan risiko komplikasi yang minimal. Tujuan bagi pasien yang kelebihan berat badan atau obesitas adalah untuk meningkatkan kesehatan dan kualitas hidup dengan mencapai dan mempertahankan penurunan berat badan yang moderat (Heymsfield and Wadden, 2017).

Praktisi perawatan primer sering memberikan rekomendasi untuk modifikasi pola makan dan aktivitas tetapi biasanya tidak dapat menawarkan konseling perilaku intensitas tinggi. Selain itu, meskipun peran mereka di garis depan pengelolaan obesitas, dokter menerima pelatihan minimal dalam konseling nutrisi dan aktivitas (Heymsfield and Wadden, 2017).

**Tabel 2. 4** Komponen yang Direkomendasikan dari Intervensi Gaya Hidup Komprehensif Intensitas Tinggi untuk Mencapai dan Mempertahankan Penurunan Berat Badan 5 hingga 10% (Heymsfield dan Wadden, 2017)

| Komponen        | Penurunan Berat Badan                                                                                                                                                                                                                | Pemeliharaan Berat Badan                                                                                                                               |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Konseling       | ≥14 sesi konseling tatap muka (individual atau kelompok) dengan intervensi terlatih selama periode 6 bulan; rekomendasi untuk intervensi berbasis web yang terstruktur serupa, komprehensif, serta program komersial berbasis bukti. | Sesi tatap muka atau telepon tiap bulan atau lebih sering selama ≥1 tahun dengan intervensi terlatih.                                                  |
| Diet            | Diet rendah kalori (biasanya 1200–1500 kkal per hari untuk wanita dan 1500–1800 kkal per hari untuk pria), dengan komposisi makronutrien berdasarkan preferensi dan status kesehatan pasien.                                         | Diet mengurangi kalori, konsisten dengan berat badan yang dikurangi, dengan komposisi makronutrien berdasarkan preferensi dan status kesehatan pasien. |
| Latihan Fisik   | ≥150 menit per minggu aktivitas aerobik (misalnya, jalan cepat).                                                                                                                                                                     | 200–300 menit per minggu aktivitas aerobik (misalnya, jalan cepat).                                                                                    |
| Terapi perilaku | Pemantauan harian asupan makanan dan aktivitas fisik,                                                                                                                                                                                | Pemantauan sesekali atau sering asupan makanan dan                                                                                                     |

| Komponen | Penurunan Berat Badan                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Pemeliharaan Berat Badan                                                                                                                                                                                                                         |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | difasilitasi oleh buku harian kertas atau aplikasi ponsel pintar; pemantauan berat badan mingguan; kurikulum terstruktur perubahan perilaku (misalnya, program pencegahan diabetes), termasuk penetapan tujuan, pemecahan masalah, dan pengendalian stimulus; umpan balik dan dukungan rutin dari intervensionis terlatih. | aktivitas fisik, sesuai kebutuhan; pemantauan berat badan mingguan hingga harian; kurikulum perubahan perilaku, termasuk pemecahan masalah, restrukturisasi kognitif, dan pencegahan kekambuhan; umpan balik rutin dari intervensionis terlatih. |

Untuk latihan fisik yang direkomendasikan (Wharton *et.al.*, 2020):

1. Aktivitas fisik aerobik (30-60 menit dengan intensitas sedang hingga berat hampir setiap hari dalam seminggu) dapat dipertimbangkan untuk orang dewasa yang ingin:
  - Mencapai penurunan berat badan dan lemak dalam jumlah kecil.
  - Mencapai pengurangan lemak visceral perut dan lemak ektopik, seperti lemak hati dan jantung, bahkan tanpa penurunan berat badan.
  - Mendukung pemeliharaan berat badan setelah penurunan berat badan.
  - Mendukung pemeliharaan massa bebas lemak selama penurunan berat badan.
  - Meningkatkan kebugaran kardiorespirasi dan mobilitas
2. Bagi orang dewasa yang kelebihan berat badan atau obesitas, latihan resistensi dapat membantu pemeliharaan berat badan atau peningkatan moderat dalam massa otot atau *free fat mass* dan mobilitas.
3. Meningkatkan intensitas latihan, termasuk latihan interval intensitas tinggi, dapat mencapai peningkatan yang lebih besar dalam kebugaran kardiorespirasi dan mengurangi jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai manfaat yang serupa dengan aktivitas aerobik intensitas sedang.
4. Aktivitas fisik yang teratur, dengan atau tanpa penurunan berat badan, dapat meningkatkan banyak faktor risiko kardiometabolik pada orang dewasa yang kelebihan berat badan atau obesitas, termasuk hiperglikemia dan sensitivitas insulin, tekanan darah tinggi dan dislipidemia.

5. Aktivitas fisik yang teratur dapat meningkatkan kualitas hidup terkait kesehatan, gangguan mood (yaitu, depresi, kecemasan) dan *body image* pada orang dewasa yang kelebihan berat badan atau obesitas.

b. Farmakoterapi

Farmakoterapi untuk penurunan berat badan dapat digunakan untuk orang dengan  $IMT \geq 30 \text{ kg/m}^2$  atau  $IMT \geq 27 \text{ kg/m}^2$  dengan komplikasi terkait adipositas, bersama dengan terapi nutrisi medis, aktivitas fisik, dan intervensi psikologis (*liraglutide* 3.0 mg, kombinasi *naltrexone-bupropion*, *orlistat*). Farmakoterapi dapat digunakan untuk mempertahankan penurunan berat badan yang telah dicapai melalui perubahan perilaku kesehatan, dan untuk mencegah penambahan berat badan kembali (*liraglutide* 3.0 mg atau *orlistat*) (Wharton *et.al.*, 2020).

c. Bedah bariatrik

Operasi bariatrik dapat dipertimbangkan untuk orang dengan  $IMT \geq 40 \text{ kg/m}^2$  atau  $IMT \geq 35 \text{ kg/m}^2$  dengan setidaknya 1 penyakit terkait obesitas. Keputusan mengenai jenis operasi harus dibuat bekerja sama dengan tim multidisiplin, dengan menyeimbangkan harapan pasien, kondisi medis, dan manfaat serta risiko yang diharapkan dari operasi (Wharton *et.al.*, 2020).

## 2.2 Komponen kebugaran fisik

Definisi kebugaran fisik yang diterima secara umum adalah kemampuan untuk melakukan tugas-tugas sehari-hari dengan penuh semangat dan kewaspadaan, tanpa kelelahan yang tidak semestinya, dan dengan energi yang cukup untuk menikmati kegiatan di waktu senggang dan menghadapi keadaan darurat yang tidak terduga. Kebugaran fisik terdiri dari berbagai elemen yang selanjutnya dapat dikelompokkan menjadi komponen yang berkaitan dengan kesehatan dan komponen yang berkaitan dengan keterampilan (Riebe, 2018).

a. Komponen yang berkaitan dengan kesehatan

- Ketahanan kardiorespirasi: kemampuan sistem sirkulasi dan pernapasan untuk memasok oksigen selama aktivitas fisik yang berkelanjutan.
- Komposisi tubuh: jumlah relatif otot, lemak, tulang, dan bagian penting lainnya dari tubuh.
- Kekuatan otot: kemampuan otot untuk mengerahkan kekuatan.
- Ketahanan otot: kemampuan otot untuk terus bekerja tanpa lelah.
- Fleksibilitas: rentang gerak yang tersedia pada sendi.

b. Komponen yang berkaitan dengan keterampilan

- *Agility* : Kemampuan untuk mengubah posisi tubuh di dalam ruang dengan kecepatan dan akurasi.
- Koordinasi: Kemampuan untuk menggunakan indra, seperti penglihatan dan pendengaran, bersama-sama dengan bagian tubuh untuk melakukan tugas dengan lancar dan akurat.
- Keseimbangan: Pemeliharaan keseimbangan saat diam atau bergerak.
- *Power*: Kemampuan atau kecepatan seseorang dapat melakukan pekerjaan.
- *Reaction time*: Waktu yang berlalu antara rangsangan dan awal reaksi terhadap rangsangan tersebut.
- *Speed*: Kemampuan untuk melakukan gerakan dalam waktu yang singkat.

### 2.2.1 Kekuatan dan Ketahanan Otot pada Orang Dewasa dengan Obesitas

Obesitas dapat menyebabkan penurunan fungsi kontraktile otot rangka, sehingga mengurangi mobilitas dan meningkatkan risiko kesehatan terkait obesitas. Pada tingkat seluler, efek dominan obesitas adalah gangguan sinyal kalsium dan aktivitas *5'-adenosine monophosphateactivated protein kinase* (AMPK). Akibatnya, terjadi pergeseran dari tipe serat otot lambat ke serat otot cepat. Penurunan aktivitas AMPK menyebabkan inhibisi *myocyte enhancer factor-2* (MEF2) yang dimediasi oleh *class II histone deacetylase* (HDAC). MEF2 mempromosikan ekspresi jenis serat lambat, dan aktivitasnya dipicu oleh *calcium-dependent phosphatase calcineurin*. Penurunan sinyal kalsium yang diinduksi obesitas melalui pengaruhnya pada kalsinurin, serta pada adiponektin dan aktinin, memengaruhi kontraksi-eksitasi dan transkripsi-eksitasi dalam miosit. Perubahan molekuler ini memengaruhi fungsi kontraktil dan fenotipe otot, sehingga memengaruhi kinerja otot *in vivo* dan *in vitro*. Obesitas dan penuaan memiliki konsekuensi fisiologis yang serupa. Efek sinergis obesitas dan penuaan pada fungsi otot dapat memperburuk morbiditas dan mortalitas (Tallis, James and Seebacher, 2018).

Kekuatan otot yang memadai merupakan faktor penting dalam pergerakan yang efektif pada setiap usia; oleh karena itu, kekuatan otot telah secara langsung dikaitkan dengan obesitas dan aktivitas fisik. Memang banyak peneliti berpendapat bahwa latihan resistensi (dan peningkatan atau pemeliharaan otot rangka) dapat

memengaruhi latihan dalam aktivitas sehari-hari pada orang dewasa yang lebih tua (Shultz *et.al.*, 2014).

Orang dewasa obesitas memiliki penurunan kekuatan *quadriceps* relatif, terlepas dari tingkat aktivitas fisik. Tidak hanya kekuatan relatif yang menurun, tetapi beberapa bukti menunjukkan bahwa orang dewasa obesitas mungkin tidak mendapatkan kekuatan otot dengan kecepatan yang sama seperti orang dewasa non-obesitas ketika berpartisipasi dalam latihan resistensi (Shultz *et.al.*, 2014).

Sementara anak-anak obesitas memiliki kekuatan relatif yang lebih rendah selama pengujian isokinetik, sebagian besar defisit terbukti di mana kekuatan adalah prasyarat utama untuk tugas gerakan fungsional. Secara khusus, anak-anak obesitas biasanya memiliki kinerja yang buruk dalam ukuran kekuatan otot yang membutuhkan pergerakan tubuh melawan gravitasi (Shultz *et.al.*, 2014).

Sebuah studi menunjukkan bahwa kelelahan otot *quadriceps* femoris selama serangkaian kontraksi volunteer secara signifikan lebih besar pada obesitas (derajat II dan III) dibandingkan dengan subjek non-obesitas. Studi lain juga menunjukkan bahwa dibandingkan dengan subjek dengan berat badan normal, orang obesitas menunjukkan kecepatan berjalan yang lebih rendah dengan panjang langkah yang lebih pendek, kinerja duduk-ke-berdiri yang lebih buruk (Maffiuletti *et al.*, 2007; Pataky *et al.*, 2014).

### **2.2.2 Latihan aerobik pada obesitas**

Berdasarkan bukti ilmiah yang ada dan pedoman klinis praktis, ACSM membuat rekomendasi berikut mengenai pengujian dan pelatihan olahraga untuk individu dengan kelebihan berat badan dan obesitas.

#### **a. *Exercise testing***

*Exercise testing* seringkali tidak diperlukan pada populasi orang kelebihan berat badan/obesitas sebelum memulai program olahraga dengan intensitas rendah hingga sedang. Individu dengan kelebihan berat badan dan obesitas berisiko mengalami penyakit penyerta lainnya (misalnya, dislipidemia, hipertensi, hiperinsulinemia, hiperglikemia), yang terkait dengan risiko penyakit kardiovaskular. Waktu pengobatan untuk mengobati penyakit penyerta relatif terhadap pengujian olahraga harus dipertimbangkan, terutama pada mereka yang menggunakan penghambat  $\beta$  dan obat antidiabetes (Riebe *et al.*, 2018).

Adanya kondisi muskuloskeletal dan/atau ortopedi mungkin memerlukan penggunaan ergometri lengan atau kaki. Potensi kapasitas

olahraga yang rendah pada individu dengan kelebihan berat badan dan obesitas mungkin memerlukan beban kerja awal yang rendah yaitu, 2-3 *metabolic equivalent of task* (MET) dan peningkatan kecil per tahap pengujian sebesar 0,5-1,0 MET (Riebe *et al.*, 2018).

Peralatan olahraga harus memadai untuk memenuhi spesifikasi berat badan individu dengan kelebihan berat badan dan obesitas untuk tujuan keselamatan dan kalibrasi. Ukuran manset yang sesuai harus digunakan untuk mengukur pada individu yang kelebihan berat badan dan obesitas untuk meminimalkan potensi pengukuran yang tidak akurat (Riebe *et al.*, 2018).

#### **b. Peresepan Latihan**

Tujuan olahraga selama fase penurunan berat badan aktif adalah untuk:

- memaksimalkan jumlah pengeluaran kalori untuk meningkatkan jumlah penurunan berat badan
- mengintegrasikan olahraga ke dalam gaya hidup individu untuk mempersiapkan fase pemeliharaan penurunan berat badan yang sukses.

Berikut rekomendasi peresepan latihan aerobik sesuai ACSM

- Frekuensi :  $\geq 5$  hari
- Intensitas : intensitas awal dimulai dari moderate (40%-59% *oxygen uptake reserve* ( $VO_2R$ ) atau *heart rate reserve* (HRR)); ditingkatkan hingga berat ( $\geq 60\%$   $VO_2R$  atau HRR) untuk manfaat Kesehatan yang lebih besar.
- Waktu : 30 menit per hari (150 menit per minggu), ditingkatkan menjadi 60 menit per hari atau lebih (250-300 menit per minggu).
- Tipe : aktivitas ritmis yang berkepanjangan menggunakan otot besar.

#### **c. Pertimbangan Latihan Fisik**

Durasi latihan fisik intensitas sedang hingga tinggi harus ditingkatkan secara bertahap hingga setidaknya 30 menit per hari. Untuk mendukung pemeliharaan penurunan berat badan jangka panjang, individu harus meningkatkan aktivitas fisik intensitas sedang hingga tinggi hingga setidaknya 250 menit per minggu ( $\geq 2.000$  kkal per minggu). Untuk mencapai target aktivitas pemeliharaan mingguan sebesar  $\geq 250$  menit per minggu, latihan fisik dan aktivitas fisik harus dilakukan pada 5-7 hari per minggu. Individu dengan kelebihan berat badan dan obesitas dapat mengakumulasi jumlah aktivitas fisik ini dalam beberapa sesi harian dengan durasi minimal 10 menit atau

melalui peningkatan bentuk lain dari aktivitas fisik intensitas sedang dalam gaya hidup (Riebe *et al.*, 2018)..

Akumulasi latihan fisik intermiten dapat meningkatkan volume aktivitas fisik yang dicapai oleh individu yang sebelumnya tidak banyak bergerak dan dapat meningkatkan kemungkinan adopsi dan pemeliharaan aktivitas fisik. Latihan beban tidak menghasilkan penurunan berat badan yang signifikan secara klinis. Penambahan latihan beban untuk pembatasan energi tampaknya tidak mencegah hilangnya *free fat mass* atau pengurangan pengeluaran energi istirahat yang diamati. Latihan beban dapat meningkatkan kekuatan otot dan fungsi fisik pada individu yang kelebihan berat badan atau obesitas. Selain itu, mungkin ada manfaat kesehatan tambahan dari berpartisipasi dalam latihan beban seperti peningkatan faktor risiko penyakit kardiovaskular dan diabetes dan faktor risiko penyakit kronis lainnya (Riebe *et al.*, 2018).

### **2.2.3 Efek Latihan Aerobik terhadap Kekuatan dan Ketahanan Otot**

Latihan aerobik teratur akan menghasilkan efek yang bermanfaat untuk semua kelompok umur asalkan olahraga tersebut spesifik dan sesuai dengan tingkat kebugaran individu. Latihan aerobik ini merupakan stimulus kuat untuk meningkatkan massa dan fungsi mitokondria dalam otot rangka. Latihan progresif yang dilakukan dengan benar akan meningkatkan tingkat kebugaran dan meningkatkan kesehatan. Latihan fisik menuntut sistem tubuh melebihi aktivitas sehari-hari yang normal sehingga sistem tersebut beradaptasi secara anatomis dan fisiologis. Latihan fisik harian yang teratur dan sesuai merupakan komponen utama dalam mencegah penyakit kronis, bersama dengan pola makan yang sehat dan tidak merokok. Bagi individu, ini adalah sarana yang ampuh untuk mencegah penyakit kronis; untuk negara, ini dapat memberikan cara yang hemat biaya untuk meningkatkan kesehatan masyarakat di seluruh populasi. Sebuah studi menunjukkan pemberian latihan aerobik 8 minggu efektif dalam meningkatkan tingkat metabolisme basal dan menormalkan kebugaran fisik pada wanita sedentary. Sebuah penelitian juga menemukan bahwa dengan pemberian 12 minggu latihan aerobik meningkatkan fleksibilitas, *sit-up*, *hand grip* untuk kedua tangan, VO<sub>2</sub>max dan menurunkan LDL, kolesterol total pada anak perempuan dengan obesitas (Saygin and Öztürk, 2011; Hosiso, Rani and Rekoninne, 2013; Kizilay *et al.*, 2016; Philp *et al.*, 2021).

Latihan aerobik telah dikaitkan dengan penurunan massa lemak tubuh, peningkatan profil kardiometabolik, dan kesehatan mental pada remaja. *Moderate-intensity continuous training* (MICT) adalah metode latihan aerobik yang lebih tradisional dengan sesi berdurasi lama. *High-intensity aerobic interval training* (HIIT) telah dianggap sebagai alternatif yang layak karena durasi sesinya yang pendek. HIIT didefinisikan sebagai pengulangan sesi latihan intensitas tinggi yang dipisahkan oleh periode pemulihan pasif singkat atau latihan intensitas rendah. Sebuah meta-analisis menunjukkan bahwa intervensi HIIT dan MICT memiliki efek yang serupa pada komposisi tubuh, tekanan darah, dan kebugaran kardiorespirasi. Namun, sebuah meta-analisis menemukan bahwa HIIT memiliki efek yang lebih besar pada VO<sub>2</sub>peak dibandingkan MICT pada remaja dengan berat badan berlebih dan obesitas. (Mendonça *et al.*, 2022).

Berdasarkan temuan utama penelitian Hosiso (2013), poin-poin berikut dinyatakan sebagai kesimpulan:

- Latihan aerobik moderat memiliki efek positif pada peningkatan ketahanan kardiovaskular, kekuatan otot, ketahanan otot, dan fleksibilitas komunitas wanita yang tidak banyak bergerak.
- Latihan aerobik secara signifikan mengurangi indeks massa tubuh dan berat badan wanita yang tidak banyak bergerak.
- Latihan aerobik moderat memiliki efek signifikan pada peningkatan komponen kebugaran fisik yang berhubungan dengan kesehatan (Hosiso, 2013).

### **2.3 Exergame**

*Exergame* adalah teknologi baru yang menggunakan permainan interaktif untuk meningkatkan perilaku olahraga. Pemain harus berinteraksi secara fisik dengan avatar di layar melalui berbagai gerakan tubuh seperti melompat, menendang, memukul, dan menunduk sambil memberikan kesempatan kepada pemain untuk aktif secara fisik, sehingga meningkatkan tingkat aktivitas fisik pemain dan meningkatkan kesehatan mereka secara keseluruhan (Zeng and Gao, 2016).

### **Efek *exergame* terhadap kekuatan dan ketahanan otot pada individu obesitas**

Mengingat fakta bahwa peningkatan aktivitas fisik telah terbukti sebagai pendekatan yang layak dalam mencegah atau mengurangi risiko kelebihan berat badan dan obesitas, *exergaming* dapat menjadi alternatif yang baik untuk mendorong partisipasi aktivitas fisik dan mengelola berat badan. Memang, efek positif *exergaming* pada hasil terkait kesehatan telah dilaporkan di antara berbagai populasi (Zeng and Gao, 2016).

Teknologi *exergaming* modern saat ini, yang memerlukan gerakan tubuh manusia untuk kontrol dalam *game*, bisa menjadi alternatif untuk menyediakan olahraga dan kesenangan bagi para *gamer*. Sistem permainan yang mempromosikan aktivitas (misalnya, *Nintendo Wii* [Kyoto, Jepang]), *Dance Dance Revolution* (Konami Digital Entertainment, Tokyo, Jepang), permainan *Play Station Eye Toys* (Sony Interactive Entertainment, Tokyo, Jepang), dan *Xbox Kinect* (Microsoft, Redmond, WA) dilaporkan berpotensi mendorong aktivitas, terutama di antara individu yang tidak banyak bergerak. *Exergame* juga dapat melengkapi rehabilitasi fisik untuk pasien stroke pasca stroke, *cerebral palsy*, dan cedera sumsum tulang belakang dengan meningkatkan respons fisiologis, seperti pengeluaran energi, detak jantung, konsumsi oksigen, *rating of perceived exertion* (RPE), dan MET pada peserta saat bermain (Jai *et al.*, 2021).

Perangkat keras *PlayStation Move* secara teoritis dapat menghasilkan *energy expenditure* yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua *platform* yang lebih umum digunakan lainnya, karena giroskop dan sensor geomagnetiknya yang lebih kuat. Perbedaan *energy expenditure* selama *boxing exergame* juga dapat dipengaruhi oleh posisi pemain atau latar belakang atletik. Bermain dalam posisi berdiri menghasilkan MET yang lebih tinggi dibandingkan dengan posisi duduk, yang mencerminkan VO<sub>2</sub> yang lebih tinggi ketika otot tungkai bawah juga direkrut selama permainan. Ini berbeda dengan gerakan tubuh bagian atas saja dalam posisi duduk. *Energy expenditure* dan RPE peserta dewasa yang lebih tua (70,7 - 6,4 tahun) saat bermain *Nintendo Wii* dan *Xbox Kinect* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara game yang setara, terlepas dari posisinya (berdiri atau duduk) (Jai *et al.*, 2021).

Berbeda dengan video game yang tidak banyak bergerak, yang biasanya dimainkan dari posisi duduk, *exergames*, terutama *boxing*, mendeteksi berbagai gerakan tubuh seperti melompat, menendang, dan memukul, yang mendorong pemain untuk terlibat dan memenangkan permainan. Hal ini didukung oleh

penelitian yang menunjukkan bahwa exergaming tinju efektif dan sesuai dengan dosis (dosis-respons yang memadai), menurut pedoman olahraga ACSM (Jai *et al.*, 2021).

Kekuatan otot termasuk dalam unsur kebugaran jasmani yang berhubungan dengan kesehatan, serta berkontribusi terhadap kemampuan individu dalam menjalankan aktivitas yang melibatkan kontraksi otot. Salah satu metode yang sering digunakan untuk mengukur kekuatan otot adalah pengujian kekuatan genggam tangan. Efek kronis *exergame* pada kekuatan otot pada individu sehat dan tidak sehat masih kontroversial dan belum sepenuhnya dipahami. Dalam sebuah *systematic review* tidak menemukan adanya perbedaan yang signifikan dalam kekuatan genggam tangan ketika membandingkan intervensi *exergame* jangka panjang dengan kelompok kontrol yang tidak olahraga pada wanita lanjut usia, orang dewasa lanjut usia, wanita pasca melahirkan, atau orang dewasa lansia paruh baya yang sehat. Sebaliknya, Htut *et al* menemukan bahwa *exergame* secara signifikan meningkatkan kekuatan genggam tangan pada orang dewasa lanjut usia dibandingkan dengan kelompok kontrol tanpa olahraga. *Exergame* membutuhkan latihan dengan menahan beban tubuh, dengan demikian ini menjadi alat yang berguna untuk meningkatkan kekuatan otot (Viana *et al.*, 2021; Munir *et al.*, 2023; Xu *et al.*, 2024).

Meskipun demikian, karena saat ini terdapat banyak pendekatan berbeda (misalnya, *game* yang berbeda, kecepatan *game*, dan tingkat kesulitan tugas) untuk melakukan *exergame*, masih belum ada konsensus tentang efek *exergame* pada berbagai pengukuran kekuatan otot seperti kekuatan genggam tangan, kekuatan isokinetik, dan kekuatan maksimum satu repetisi (1RM) (Viana *et al.*, 2021).