BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Derajat kesehatan dan kesejahteraan penduduk akan berpengaruh pada peningkatan usia harapan hidup (UHH) (Martinez et al., 2021). Secara global, usia harapan hidup meningkat lebih dari enam tahun (tahun 2000 hingga 2019), dari 66,8 tahun pada tahun 2000 menjadi 73,4 tahun pada tahun 2019 (World Health Organization, 2023). Sedangkan UHH orang Indonesia tahun 2017 mencapai 71,5 tahun (UHH perempuan [74 tahun] lebih tinggi 5 tahun di banding laki-laki [69 tahun]) (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2020 Tentang Rencana Strategis Kementrian Kesehatan Tahun 2020-2024, 2020). Usia harapan hidup ditandai dengan meningkatnya jumlah dan proporsi penduduk lanjut usia (lansia) dari tahun ke tahun. Proporsi populasi penduduk dunia yang lansia meningkat dua kali lipat dari sekitar 11% menjadi 22% dengan proyeksi dari 900 juta pada tahun 2015 menjadi 1.400 juta pada tahun 2030 dan 2100 juta pada tahun 2050 (World Health Organization, 2016a).

Seiring bertambahnya usia akan menyebabkan penurunan kapasitas biologis, fisiologis dan fungsional (Russo et al., 2012; Kushkestani, Parvani and Moghadassi, 2020). Penurunan fungsional seperti kekuatan otot, daya tahan otot, fleksibilitas, keseimbangan, mobilitas, dan kecepatan (Verbrugge et al., 2017), akan mengarah ketidakmampuan untuk melakukan aktivitas sehari-hari seperti berjalan, duduk, dan berdiri (Conrad, Cermak and Drake, 1983). Hal ini akan berpengaruh pada kualitas hidup lansia. Pendekatan terbaru dalam melihat kualitas hidup, selain UHH, adalah *healthy adjusted life expectancy/*HALE. *Healthy adjusted life expectancy* orang Indonesia secara rerata adalah 62,25 tahun, artinya terdapat 8,85 tahun yang hilang akibat menderita penyakit kronis dan disabilitas (Kementerian Kesehatan RI, 2020).

Salah satu strategi dalam penanganan penyakit kronis dan disabilitas yang berkelanjutan dengan pencegahan melalui aktivitas fisik (Braith & Stewart, 2006; Yeom et al., 2011) . Aktivitas fisik memberikan efek positif seperti menunda atau mencegah penyakit tidak menular dan kronis seperti osteoporosis, penyakit jantung koroner, penyakit arteri koroner, diabetes mellitus, dan kecacatan (Haley & Andel, 2010).

Latihan merupakan jenis aktivitas fisik yang terencana, terstruktur, repetitif, dan bertujuan untuk meningkatkan kebugaran jasmani (*physical fitness*) (Bandy & Sanders, 2008).

Pada lansia harus melakukan setidaknya 150 menit per minggu untuk aktivitas intensitas sedang atau 75 menit aktivitas berat, atau kombinasi keduanya, pada sebagian besar hari dalam seminggu dengan durasi 10 menit atau lebih (World Health Organization, 2016b). Rekomendasi latihan dari WHO meliputi aerobik, kekuatan, fleksibilitas, dan keseimbangan untuk mengurangi risiko jatuh (Chodzko-Zajko et al., 2009). Latihan aerobik menstimulasi jantung, paru-paru, semua kelompok otot, dan menghasilkan perubahan yang bermanfaat bagi tubuh serta pikiran (Brown et al., 2009). Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Yi-Pang Lo*,dkk* (2021) yang menunjukkan bahwa latihan aerobik selama 12 minggu memiliki efek yang signifikan pada peningkatan total aktivitas fisik dengan intensitas tinggi, kekuatan otot pada tangan dominan dan non-dominan, dan beberapa hasil dari kebugaran kardiorespirasi (FEV1/FVC, VO2 max, prediksi VO2max) pada lansia (Lo et al., 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Shahana, Nair, dan Hasrani (2010) melaporkan bahwa terdapat pengaruh program latihan aerobik selama 12 minggu terhadap komponen kebugaran fisik yang berhubungan dengan kesehatan (*health related*), yaitu ketahanan kardiorespirasi, fleksibilitas, ketahanan dan kekuatan otot abdomen, serta lemak tubuh pada wanita pertengahan usia (Shahana et al., 2010). Bukti ilmiah menunjukkan bahwa keberhasilan latihan fisik tergantung pada kepatuhan latihan, dan pada lansia kepatuhan dan motivasi tergolong rendah. Hal ini diakibatkan terkait faktor eksternal seperti kesulitan bergerak, jarak, atau tidak beradaptasi dengan lingkungan tempat pusat latihan (Brown et al., 2009). Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan intervensi untuk keberhasilan latihan pada lansia akibat kepatuhan dan motivasi, salah satunya melalui *exergame* (Fragala et al., 2019).

Exergame merupakan latihan fisik dengan kombinasi permainan dan olahraga secara aktif (yaitu permainan video yang aktif atau berbasis olahraga) sebagai sarana tidak hanya hiburan tetapi juga sebagai strategi untuk meningkatkan kebugaran lansia (Fragala et al., 2019). Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Pauline Maillot dan Alexandra Perrot (2012) menunjukkan bahwa 12 minggu *exergame* secara aktif, 2 sesi per minggu masing-masing 70 menit, meningkatkan kebugaran otot pria dan wanita lansia dalam uji jalan 6 menit (14%)

dibandingkan dengan kelompok kontrol (0,7%) (Maillot et al., 2012). Penelitian lain yang dilakukan oleh Karahan, *dkk* (2015) melaporkan bahwa *exergame* selama 6 minggu, terdiri dari 5 sesi 30 menit per minggu, meningkatkan keseimbangan (10%), dan *timed up and go test* (8,2%) pada pria dan wanita lansia. Selain itu, subjek melaporkan kesenangan yang lebih besar selama sesi *exergame* dibandingkan dengan sekelompok orang lansia yang melakukan latihan keseimbangan tradisional (Karahan et al., 2015). Hal ini juga sejalan dengan penelitian oleh yang melaporkan bahwa *exergame* dapat memotivasi orang dalam berpartisipasi dalam aktivitas fisik, lebih menyenangkan, dan menawarkan lingkungan yang aman, dan menghibur (Altamimi & Skinner, 2012).

Semakin banyak solusi *exergame* dengan *consol-based* yang paling popular yaitu *Microsoft Xbox*, *Nintendo Wii*, dan *Sony PlayStation*. Permainan ini menawarkan teknologi yang memungkinkan permainan dengan pengaturan pusat kebugaran, tempat kerja, dan lingkungan rumah (Lieberman et al., 2011; Maddison et al., 2011). *Exergame* juga menggabungkan elemen realitas virtual imersif. *Virtual reality* (VR) adalah pendekatan inovatif untuk meningkatkan kesehatan mental lansia. *Virtual reality* (VR) *exergame* adalah video game aktif dengan kendali gerakan tubuh di lingkungan yang aman dengan keterlibatan aktivitas fisik dan interaksi. Jenis *virtual reality* berupa *non-immersive*, *semi-immersive*, dan *immersive VR. Immersive* VR didasarkan pada penggunaan *headmounted display unit* yang menawarkan pengalaman multi-sensorik bagi pengguna, sehingga memungkinkan pengguna untuk menjelajahi dan berinteraksi dengan dunia virtual (Brady et al., 2021).

Virtual reality exergame pada lansia telah banyak dilakukan baik sebagai intervensi pasien rehabilitasi pada pasien dengan gangguan depresi (Rosenberg et al., 2010), peningkatan fungsi fisik berkaitan kesejahteran mental (Jung et al., 2009), fungsi kognitif (Maillot, Perrot and Hartley, 2012), dan keseimbangan (Schoene et al., 2013). Salah satu VR *exergame* yaitu *Nintendo Switch RingFit Adventure* (RFA), merupakan novel *exergame* yang menggabungkan latihan resistensi, aerobik, dan keseimbangan. VR *exergame* dapat menjadi solusi untuk kekurangan latihan fisik yang repetitif dan monoton karena lingkungan permainan *exergame* yang menarik dan multisensorik dengan lingkungan yang imersif di mana interaksi terjadi melalui gerakan seluruh tubuh (Tuan et al., 2022).

Berdasarkan tinjauan sistematis, intervensi VR *exergame* dapat meningkatkan fungsi fisik, mengurangi gejala depresi dan kecemasan, dan meningkatkan kualitas hidup yang berhubungan dengan kesehatan (Rosenberg et al., 2010; Villafaina et al., 2020). Namun, penelitian yang menggunakan *Nintendo Switch RingFit Adventure* (RFA) ini jarang membahas pada tingkat kebugaran dan aktivitas fisik pada lansia. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk meneliti efektivitas *virtual reality exergame* pada tingkat kebugaran dan aktivitas fisik pada lansia.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana efektivitas *virtual reality exergame* pada aktivitas fisik dan kebugaran pada lanjut usia?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan umum

Mengetahui efektivitas *virtual reality exergame* terhadap aktivitas fisik dan kebugaran pada lanjut usia.

1.3.2 Tujuan khusus

1. Mengetahui perbedaan efektivitas antara *virtual reality exergame* dan latihan senam aerobik terhadap aktivitas fisik pada lanjut usia.
2. Mengetahui perbedaan efektivitas antara *virtual reality exergame* dan latihan senam aerobik terhadap parameter komposisi tubuh pada lanjut usia.
3. Mengetahui perbedaan efektivitas antara *virtual reality exergame* dan latihan senam aerobik terhadap parameter kekuatan otot tangan pada lanjut usia.
4. Mengetahui perbedaan efektivitas antara *virtual reality exergame* dan latihan senam aerobik terhadap ketahanan otot pada lanjut usia.
5. Mengetahui perbedaan efektivitas antara *virtual reality exergame* dan latihan senam aerobik terhadap fleksibilitas pada lanjut usia.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat teoritis

a. Menambah pengetahuan terkait efektivitas latihan *virtual reality exergame* terhadap aktivitas fisik dan kebugaran pada populasi lanjut usia.
b. Menjadi dasar teori dalam pembuatan panduan klinis khususnya dalam peresepan latihan *virtual reality exergame* pada rehabilitasi lansia.

1.4.2 Manfaat metodologi

a. Mengetahui efektivitas latihan menggunakan *virtual reality exergame* pada lansia terhadap aktivitas fisik dan kebugaran melalui penelitian eksperimental dengan desain *randomized controlled trial-double blind.*
b. Menjadi data demografi kapasitas aktivitas fisik dan kebugaran pada lansia di area kota Makassar.

1.4.3 Manfaat aplikatif

a. Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai acuan untuk pengembangan program latihan fisik menggunakan *virtual reality exergame* pada lansia.
b. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam penyusunan program regional di Komunitas Lansia terkait tingkat kebugaran dan aktivitas fisik.
c. Penelitian ini diharapkan menjadi acuan dalam pengambilan kebijakan pada populasi lansia Kota Makassar untuk meningkatan kesehatan dan menunjang kualitas hidup yang lebih produktif.
d. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar membuat layanan unggulan *virtual reality 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 Definisi Lanjut Usia

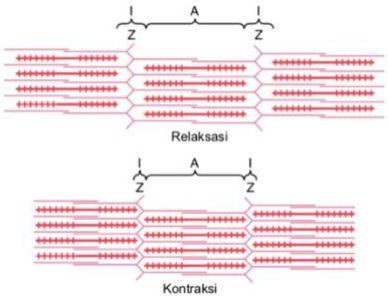
Lansia menurut *World Health Organization* (WHO) adalah usia kronologis di atas 65 tahun, sedangkan menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 1998, lansia adalah seseorang yang telah mencapai usia 60 tahun tahun keatas (Undang-Undang Republik Indonesia, 1998; World Health Organization, 2015).

2.2 Fisiologi Muskuloskeletal

2.2.1 Dasar Molekular Kontraksi Otot Rangka

Mekanisme pergeseran filamen

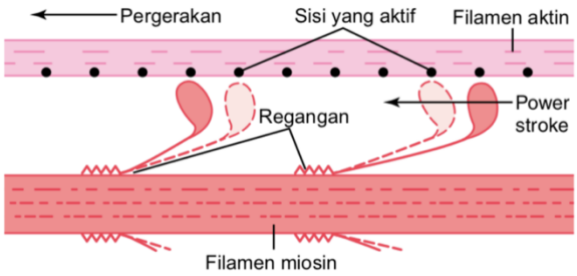
Interaksi jembatan silang antara aksin dan miosin menyebabkan kontraksi otot melalui mekanisme pergeseran filamen. Pada gambar 2.1 menunjukkan mekanisme dasar terjadinya kontraksi otot. Gambar tersebut menunjukkan keadaan relaksasi suatu sarkomer (atas) dan keadaan kontraksi (bawah). Pada keadaan relaksasi, ujung-ujung filamen aktin yang memanjang dari dua lempeng Z yang berurutan sedikit saling tumpang tindih satu sama lain. Sebaliknya, pada keadaan kontraksi, filamen aktin ini tertarik ke dalam di antara filamen miosin, sehingga ujung-ujungnya sekarang saling tumpang tindih satu sama lain dengan pemanjangan yang maksimal. Lempeng Z juga ditarik oleh filamen aktin sampai ke ujung filamen miosin. Jadi, kontraksi otot terjadi dengan mekanisme pergeseran filamen (Luis & Moncayo, 2011).



Gambar 2. 1. Keadaan relaksasi dan kontraksi sebuah miofibril, menunjukkan (atas) pergeseran filamen aktin (abu-abu) ke dalam ruangan antara filamen-miosin (hitam), dan (bawah) menarik membran Z ke arah membran Z yang lain (Luis & Moncayo, 2011).

Filamen-filamen aktin bergeser ke dalam di antara filamen-filamen miosin karena kekuatan yang dibentuk oleh interaksi jembatan-silang dan filamen miosin dengan filamen aktin (D. McArdle et al., 2003). Pada keadaan istirahat, kekuatan ini tidak aktif, tetapi bila sebuah potensial aksi berjalan di sepanjang membran serabut otot, hal ini akan menyebabkan retikulum sarkoplasma melepaskan ion kalsium dalam jumlah besar, yang dengan cepat mengelilingi miofibril. Ion-ion kalsium ini kemudian mengaktifkan kekuatan di antara filamen aktin dan miosin, dan mulai terjadi kontraksi (Gambar 2.2). Tetapi energi juga diperlukan untuk berlangsungnya proses kontraksi. Energi ini berasal dari ikatan berenergi tinggi pada molekul ATP, yang diuraikan menjadi adenosin difosfat (ADP) untuk membebaskan energi (Luis & Moncayo, 2011).

Sejumlah besar ATP dipecah membentuk ADP selama proses kontraksi. Semakin besar jumlah kerja yang dilakukan oleh otot, semakin besar jumlah ATP yang dipecahkan, yang disebut efek Fenn. Dengan demikian, proses akan berlangsung terus sampai filamen aktin menarik membran Z menyentuh ujung akhir filamen miosin atau sampai beban pada otot menjadi terlalu besar untuk terjadi tarikan selanjutnya (Luis & Moncayo, 2011).



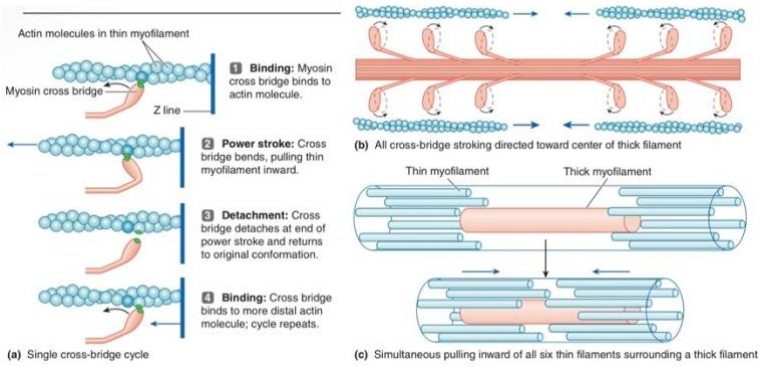
Gambar 2. 2. Mekanisme "berjalan-bersama" atau *Walk-along* untuk kontraksi otot (Luis and Moncayo, 2011)

Kayuhan Bertenaga

Aktivitas jembatan silang menarik masuk filamen tipis relatif terhadap filamen tebal yang diam. Sewaktu kontraksi, dengan tropomiosin dan troponin digeser oleh Ca^{2+}, jembatan silang miosin dari filamen tebal dapat berikatan dengan molekul aktin di filamen tipis sekitar. Pada gambar 2.3, dua kepala miosin di masing-masing molekul miosin bekerja secara independen, dengan satu kepala melekar ke aktin. Ketika miosin dan aktin berkontak di jembatan silang, jembatan mengalami perubahan bentuk, menekuk ke dalam scolah-olah memiliki engsel, "mengayuh" ke arah bagian tengah sarkomer, seperti mendayung perahu. Inilah

yang di sebut sebagai kayuhan bertenaga, jembatan silang ini menarik masuk filamen-filamen tipis yang melekat ke jembatan silang tersebut (Sherwood & Lauralee, 2014).

Satu kayuhan bertenaga menarik filamen tipis hanya sepersekian dari jarak pemendekan total. Siklus pengikaran dan penekukan berulang jembaran silang menuntaskan pemendekan. Pada akhir satu siklus jembatan silang, ikatan antara jembatan silang miosin dan molekul aktin terputus. Jembatan silang kembali ke bentuknya semula dan berikatan dengan molekul aktin berikuenya di belakang mitra aktinpertama. Jembatan silang kembali menekuk untuk menarik tipis lebih jauh, kemudian terlepas dan mengulangi siklus. Siklus berulang kayuhan bertenaga jembatan silang secara suksesif menarik masuk filamen tipis, mirip dengan menarik tambang dengan tangan (Sherwood & Lauralee, 2014).

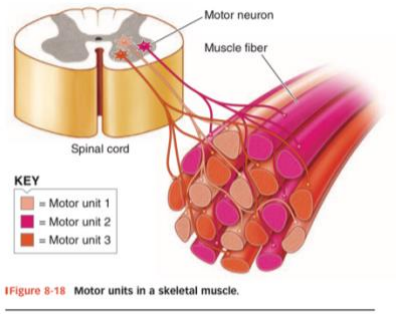


Gambar 2. 3. Aktivitas jembatan silang (a) Pada setiap siklus jembatan silang, jembatan silang berikatan dengan molekul aktin, menekuk untuk menarik filamen tipis masuk dengan kayuhan bertenaga, kemudian melepaskan ikatannya dan kembali ke konformasinya semula, siap untuk mengulangi siklus. (b) Kayuhan bertenaga semua jembatan silang yang berasal dari satu filamen tebal ditujukan ke bagian tengah filamen tebal tersebut. (c) Setiap filamen tebal dikelilingi di masing-masing ujungnya oleh enam filamen tipis, yang semuanya ditarik ke dalam secara bersamaan melalui siklus jembatan silang sewaktu kontraksi otot (Sherwood & Lauralee, 2014).

2.2.2 Mekanisme kontraksi otot rangka

Unit motorik-seluruh serabut otot diinervasi oleh serat saraf tunggal. Setiap motor neuron yang meninggalkan medula spinalis akan mempersarafi berbagai serabut otot, dan jumlahnya bergantung pada jenis otot (gambar 2.4). Semua serabut otot yang dipersarafi oleh satu serat saraf disebut unit motorik. Pada umumnya, otot-otot kecil yang bereaksi dengan cepat dan yang pengaturannya harus tepat mempunyai lebih banyak serat saraf untuk serabut otot yang lebih sedikit jumlahnya (misalnya, hanya dua sampai tiga serabut otot per unit motorik pada beberapa otot laring) (Sherwood & Lauralee, 2014). Sebaliknya, otot besar

yang tidak memerlukan pengaturan halus, seperti otot soleus, mungkin mempunyai beberapa ratus serabut otot dalam satu unit motorik. Gambaran umum untuk semua otot tubuh masih dipertanyakan, tetapi dugaan kuat adalah sekitar 80 sampai 100 serabut otot untuk satu unit motorik (Plowman & Smith, 2014). Serabut-serabut otot dalam setiap unit motorik tidak seluruhnya terkumpul bersama-sama dalam satu otot tetapi tumpang tindih dengan unit motorik lain dalam suatu berkas mikro yang terdiri atas 3 sampai 15 serabut. Pertautan ini menyebabkan unit motorik yang terpisah akan berkontraksi untuk membantu unit yang lain dan bukan secara keseluruhan sebagai segmen tersendiri (Luis & Moncayo, 2011).



Gambar 2. 4 Motor unit pada otot rangka (Sherwood & Lauralee, 2014)

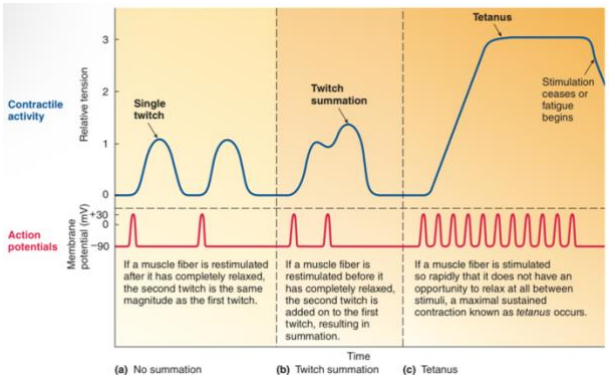
Sumasi berarti penjumlahan setiap kontraksi kedutan untuk meningkatkan intensitas keseluruhan kontraksi otot. Sumasi terjadi dalam dua cara: (1) dengan meningkatkan jumlah unit motorik yang berkontraksi secara bersama-sama, yang disebut sumasi serabut multipel, dan (2) dengan meningkatkan frekuensi kontraksi, yang disebut sumasi frekuensi dan dapat menimbulkan tetanisasi (Luis & Moncayo, 2011).

Bila sistem saraf pusat mengirimkan sinyal yang lemah untuk menimbulkan kontraksi otot maka lebih sering terangsang adalah unit motorik dalam otot yang mengandung serabut otot yang lebih kecil daripada unit motorik yang lebih besar. Kemudian, ketika kekuatan sinyal meningkat, unit motorik yang mulai terangsang juga semakin besar, dengan unit motorik yang terbesar sering kali memiliki kekuatan kontraksi 50 kali lebih kuat daripada kekuatan kontraksi unit yang paling kecil. Hal ini disebut prinsip ukuran (Plowman & Smith, 2014). Peristiwa tersebut bersifat penting, karena dapat menghasilkan gradasi kekuatan otot untuk menimbulkan kontraksi lemah pada tahap kecil, sementara tahap-tahap ini secara progresif akan menjadi semakin besar saat diperlukan sejumlah besar daya.

Penyebab prinsip ukuran ini adalah unit motorik yang lebih kecil dirangsang oleh serabut saraf motorik yang kecil, dan motoneuron kecil dalam medula spinalis lebih mudah terangsang daripada motoneuron yang besar, sehingga secara alami motoneuron kecil yang pertama kali akan terangsang (Luis & Moncayo, 2011).

Gambaran penting lainnya dari sumasi serabut multipel adalah bahwa berbagai unit motorik dirangsang secara tidak sinkron oleh medula spinalis, sehingga terjadi kontraksi yang saling bergantian di antara satu unit motorik dan unit motorik lainnya. Hal ini menimbulkan kontraksi yang halus bahkan pada frekuensi sinyal saraf yang rendah (Luis & Moncayo, 2011).

Frekuensi sumasi dan tetanisasi. Pada gambar 2.5 memperlihatkan prinsip-prinsip frekuensi sumasi dan tetanisasi. Ke arah non-dominan terlihat masing-masing kontraksi kedutan yang terjadi satu persatu pada frekuensi perangsangan yang rendah. Kemudian, ketika frekuensi meningkat, sampailah pada suatu titik ketika kontraksi yang baru timbul sebelum kontraksi yang terdahulu berakhir. Sebagai akibatnya, sebagian kontraksi yang kedua akan ditambahkan pada kontraksi yang pertama, sehingga kekuatan kontraksi total meningkat secara progresif bersama dengan peningkatan frekuensi (W. D. McArdle et al., 2010). Bila frekuensi mencapai titik kritis, terjadinya kontraksi berikutnya akhirnya menjadi begitu cepat. sehingga kontraksi-kontraksi tersebut benar-benar bersatu bersama-sama, dan kontraksi secara keseluruhan nampak halus dan berlangsung terus-menerus, seperti yang tampak dalam Gambar 2.5. Peristiwa ini disebut **tetanisas**i. Pada frekuensi yang sedikit lebih tinggi, kekuatan kontraksi akan mencapai tingkat maksimumnya, sehingga tambahan peningkatan apa pun pada frekuensi di atas titik ini tidak akan memberi efek peningkatan kekuatan kontraksi lebih lanjut. Hal ini terjadi karena terdapat cukup ion kalsium yang dipertahankan dalam sarkoplasma otot, bahkan di antara potensial aksi, sehingga terjadi keadaan kontraksi penuh yang berlangsung terus-menerus tanpa memungkinkan adanya relaksasi apa pun di antara potensial aksi (Luis & Moncayo, 2011).



Gambar 2. 5 Frekuensi sumasi dan tetanisasi (Sherwood & Lauralee, 2014).

2.3 Proses Penuaan Pada Sistem Muskuloskeletal

2.3.1. Otot

Selama dua dekade terakhir, para ilmuwan dan medis telah mengakui bahwa disfungsi otot (misalnya kelemahan otot, atrofi otot, koordinasi otot yang buruk) melemahkan dan dianggap sebagai kondisi yang mengancam nyawa pada orang lansia. Atrofi otot dan kelemahan otot memang berkorelasi, namun hal tersebut tidak dapat sepenuhnya menjelaskan hilangnya kekuatan otot pada usia lanjut. Selain itu, meskipun perilaku seperti latihan penting untuk mempertahankan gaya hidup sehat, namun tidak sepenuhnya menghentikan laju penurunan otot seiring bertambahnya usia (Halter et al., 2017).

Kekuatan otot rangka adalah salah satu kapasitas fisiologis mendasar yang berkontribusi terhadap kapasitas fungsional. Kekuatan otot sendiri merupakan prediktor kuat untuk keterbatasan mobilitas yang parah, kecepatan berjalan yang lambat, peningkatan risiko jatuh, risiko rawat inap di rumah sakit, dan tingkat kematian yang tinggi. Sebagai contoh, lansia dengan kekuatan otot yang buruk memiliki risiko 2,6 kali lipat lebih besar untuk mengalami keterbatasan mobilitas yang parah, 4,3 kali lipat lebih besar untuk kecepatan berjalan yang lambat, dan 2,1 kali lipat lebih besar untuk mengalami mortalitas dibandingkan lansia dengan kekuatan otot yang tinggi (Manini, 2012). Penuaan dikaitkan dengan penurunan yang signifikan pada kekuatan otot, yang didefinisikan sebagai kemampuan untuk menghasilkan kekuatan maksimal pada kecepatan tertentu (nol dalam hal aksi otot isometrik/statis). Studi longitudinal menunjukkan bahwa penurunan kekuatan otot ini sekitar 1,0% hingga 1,5% per tahun (Frontera et al., 2000) dan hal ini lebih terlihat pada tungkai bawah (ekstensor dan fleksor lutut) pada pria dan wanita, dan hampir tidak terlihat pada tungkai atas pada wanita. Salah satu faktor yang dapat

menyebabkan penurunan kekuatan dan tenaga otot adalah penurunan kemampuan untuk mengaktifkan unit motorik. Hal ini terutama terjadi pada orang tua yang sehat dan tidak mengalami gangguan mobilitas (Meng et al., 2015). Faktor pusat dan perifer dapat berkontribusi terhadap penurunan aktivasi neuromuskuler ini, termasuk penurunan sistem penggerak saraf pusat, perubahan pada *spinal cord*, dan perubahan pada saraf perifer dan *neuromuscular junction*. Di sisi lain, pada kasus pasien yang mengalami gangguan mobilitas, hilangnya kekuatan otot disebabkan oleh kombinasi defisit kekuatan otot dan kecepatan kontraksi (Frontera, 2017).

Otot rangka terdiri dari sekitar 40% dari berat badan manusia dan mengandung antara 50% dan 70% dari semua protein dalam tubuh manusia. Korelasi antara kekuatan otot dan ukuran otot adalah positif dan penurunan kekuatan yang berhubungan dengan usia hanya sebagian disebabkan oleh hilangnya massa otot (Frontera, 2017). Telah diketahui selama beberapa tahun bahwa penurunan jumlah serat otot (terutama yang mengekspresikan *type II myosin heavy chain isoform*) dan pengurangan ukuran serat otot berkontribusi pada atrofi otot pada pria dan wanita yang lebih tua (Lexell et al., 1988). Perubahan massa otot yang terlihat pada studi pencitraan disertai dengan peningkatan lemak dan perubahan kepadatan otot yang berkorelasi dengan perubahan fungsi otot (Frontera, 2017).

Ada 4 domain umum yang berkontribusi terhadap kapasitas otot rangka untuk menghasilkan *force, power,* dan *movement* (Frontera & Ochala, 2015). Keempat domain tersebut adalah struktur dan arsitektur, distribusi tipe serat, *excitation-contraction coupling*, dan pelepasan energi. Terdapat bukti ilmiah yang sangat baik yang mendukung perubahan terkait usia pada keempat domain tersebut. Sebagai contoh pada tabel 2.1, jumlah serat otot berkurang seiring bertambahnya usia, terutama serat yang mengekspresikan *type II myosin heavy chain isoform*. Hilangnya serat otot ini disertai dengan pengurangan serat otot *cross-sectional area* dari serat tipe I dan II. Otot rangka mungkin tidak dapat mengkompensasi kehilangan ini karena regenerasi serat otot terbatas karena berkurangnya jumlah sel satelit, terutama yang terkait dengan serat tipe II. Selain itu, aktivasi sel satelit yang ada juga terganggu. Sebagai konsekuensi dari hal ini, distribusi jenis serat diubah dengan peningkatan kecil dalam persen serat tipe I, penurunan yang signifikan pada serat tipe II, dan peningkatan jumlah serat hibrida yang mengekspresikan lebih dari satu rantai berat miosin pada saat yang

bersamaan. Lebih lanjut, perubahan dan fragmentasi yang signifikan pada tiga serangkai, termasuk tubulus-t dan sistem retikulum sarkoplasma, mengakibatkan gangguan pelepasan kalsium dan pelepasan proses eksitasi-kontraksi. Beberapa penelitian menunjukkan gangguan yang signifikan pada jalur oksidatif, termasuk pengurangan volume dan kapasitas mitokondria (Frontera, 2017).

Proses mekanis pada tingkat molekuler yang mendasari kelemahan otot adalah pembentukan disfungsional dan interaksi jembatan silang aktin-miosin. Jumlah jembatan silang dalam keadaan *strong-binding* lebih rendah pada otot yang menua, sehingga mengakibatkan kelemahan otot. Demikian pula, disosiasi aktin dan miosin yang menentukan kecepatan pemendekan serat otot mengalami gangguan. Salah satu penjelasan untuk perubahan ini adalah adanya perubahan kimiawi pasca translasi protein motorik, seperti miosin termasuk glikasi dan oksidasi. Oleh karena itu, perubahan biokimia yang diketahui terjadi seiring dengan penuaan dapat menjelaskan beberapa perubahan fungsional pada kekuatan otot dan produksi tenaga (Li et al., 2015).

Tabel 2. 1 Rangkuman perubahan otot rangka terkait usia (Frontera, 2017)

Kekuatan otot	Rendah
Massa otot	Rendah
Kualitas otot	Meningkat pada *fat* dan jaringan pengikat
Jumlah serat	Rendah (khususnya tipe II)
Distribusi jenis serat	Meningkat tipe I dan menurun tipe II
Fiber specific force	Rendah
Excitation-contraction coupling	Gangguan (pelepasan dan fragmentasi elemen seluler)
Pelepasan energi	Kapasitas oksidatif berkurang
Protein otot (myosin)	Berubah karena perubahan biokimia
Sel satelit	Penurunan pada mereka yang terkait dengan serat tipe II

2.3.2. Tulang

Perubahan kesehatan tulang seiring dengan bertambahnya usia dewasa adalah berkurangnya kandungan dan kepadatan mineral tulang. Di Amerika Serikat, data terbaru dari *National Health and Nutrition Examination Survey* menunjukkan bahwa prevalensi osteoporosis pada wanita dewasa (usia 50 tahun) adalah 9,8% (femur), 11,6% (lumbal), dan 16,5% (femur dan lumbal), tergantung pada area anatomi yang diteliti (Looker et al., 2017). Secara umum, penelitian

yang dilakukan oleh Looke,*dkk.* (2017) menunjukkan prevalensi yang lebih tinggi pada osteoporosis dibandingkan dengan tahun 2007 hingga 2008. Lebih lanjut, prevalensi massa tulang yang rendah berkisar antara 36% hingga 53%, juga pada wanita. Kedua kondisi tersebut ditemukan pada pria, tetapi prevalensinya secara signifikan lebih tinggi pada wanita (Frontera, 2017).

2.3.3. Kartilago

Penuaan dikaitkan dengan prevalensi yang lebih tinggi dari kondrosit yang telah kehilangan kemampuannya untuk membelah (berkurangnya aktivitas mitosis). Hilangnya kondrosit difasilitasi oleh trauma dan pembebanan mekanis yang berlebihan dan dapat dimediasi oleh peningkatan stres oksidatif yang terkait dengan pembebanan. Selain itu, kondrosit yang lebih tua telah mengurangi kemampuan untuk mensintesis komponen matriks ekstraseluler, seperti kolagen dan substansi dasar (Frontera, 2017).

Kekakuan jaringan kolagen di banyak jaringan, termasuk kartilago artikular, bertambah seiring bertambahnya usia karena peningkatan *cross-links* atau ikatan silang oleh produk akhir glikasi lanjut. Konsekuensi fungsional dari perubahan ini adalah berkurangnya kapasitas deformasi yang dapat menyebabkan cedera. Akhirnya, sintesis proteoglikan, komponen penting dari substansi dasar, menurun seiring bertambahnya usia. Kurangnya stimulasi mekanis, yang biasa terjadi orang yang *bed-rest* dan imobilisasi pada usia lanjut, menghasilkan kartilago artikular yang lebih tipis dan *softer*. Oleh karena itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa latihan memberikan efek yang dapat mencegah atau menunda kartilago artikular menjadi lebih tipis (Frontera, 2017).

2.3.4. Tendon

Tendon adalah struktur anatomi yang penting karena tendon menyalurkan gaya dari sel-sel otot ke tulang, sehingga memungkinkan terjadinya gerakan. Komponen biokimia dasar tendon adalah kolagen tipe I yang tersusun dalam fibril sebagai unit transmisi gaya pada tendon. Fibril ini distabilkan dan diperkuat oleh ikatan silang antara molekul kolagen dan tertanam dalam matriks ekstraseluler yang terdiri dari sel (fibroblas) dan proteoglikan. Tendon merespon terhadap beban mekanis dan berisiko mengalami cedera selama beraktivitas, seperti aktivitas rumah tangga sehari-hari, aktivitas yang berhubungan dengan pekerjaan, latihan olahraga, dan partisipasi olahraga (Frontera, 2017).

Pengaruh penuaan terhadap struktur dan fungsi tendon telah ditinjau baru-baru ini (McCarthy & Hannafin, 2014). Cedera jaringan tendon tampaknya lebih sering terjadi seiring bertambahnya usia, termasuk tendon *rotator cuff*, tendon patella, dan tendon *achilles*. Faktor genetik dapat berkontribusi pada tendinopati pada pasien yang lebih tua dengan penyakit rotator cuff (Dabija et al., 2017). Jika dibandingkan dengan jaringan immatur, efek penuaan pada tendon termasuk penurunan kepadatan sel, penurunan pergantian matriks, peningkatan ikatan silang terutama pada ikatan silang nonenzimatik yang disebut produk akhir glikasi lanjut, pengurangan minimal pada diameter fibril, dan penu elastisitas. Pentingnya glikasi adalah meningkatkan jarak antar molekul kolagen dan mengurangi kadar air. Perubahan ini mengubah sifat mekanik jaringan yang mengakibatkan peningkatan kerentanan terhadap cedera. Akhirnya, imobilisasi jangka pendek (2 minggu) pada tendon lansia mengurangi sintesis protein kolagen, meskipun tidak ada perubahan signifikan pada sifat mekanik yang dicatat (Dideriksen et al., 2017). Efek penuaan dan latihan pada tendon dimediasi melalui perubahan pada sel induk/progenitor tendon. Dengan kata lain, penuaan menghambat proliferasi sel punca dan mengurangi kemampuannya untuk beregenerasi, sedangkan latihan meningkatkan proliferasi sel punca (Zhang & Wang, 2015).

2.3.5. Ligamen

Ligamen cukup penting memberikan dukungan dan stabilitas sendi. Dari sudut pandang biokimia dan biomekanik, perubahan pada ligamen pada penuaan serupa dengan yang dijelaskan sebelumnya pada tendon (McCarthy & Hannafin, 2014). Perubahan ini termasuk penurunan sintesis dan konsentrasi kolagen, modulus elastisitas, dan gaya utama yang dapat menyebabkan peningkatan kegagalan regangan ligamen. Lebih lanjut, terjadi peningkatan ekspresi pada beberapa proteoglikan yang berfungsi sebagai pelumas permukaan ligamen dan di antara ikatan serat kolagen. Oleh karena itu, perubahan-perubahan ini menjelaskan insiden yang lebih tinggi dari cedera ligamen pada lansia (Haapasalo et al., 2007).

2.4 Proses Penuaan Pada Komposisi Tubuh

Tubuh manusia terdiri dari lemak, *lean tissue* (otot dan organ), tulang, dan air. Setelah usia 40 tahun, orang mulai kehilangan *lean tissue*. Organ tubuh seperti hati, ginjal, dan organ lainnya mulai kehilangan beberapa selnya. Penurunan

massa otot ini dikaitkan dengan kelemahan, kecacatan dan morbiditas (Duren et al., 2008).

Perubahan berat badan total bervariasi untuk pria dan wanita, karena pria sering mengalami kenaikan berat badan hingga usia 55 tahun dan kemudian mulai menurun di kemudian hari. Hal ini mungkin terkait dengan penurunan hormon seks pria, yaitu testosteron. Wanita biasanya mengalami kenaikan berat badan hingga usia 67-69 tahun dan kemudian mulai mengalami penurunan berat badan. Penurunan berat badan di kemudian hari terjadi sebagian karena lemak menggantikan *lean muscle tissue* dan lemak lebih ringan daripada otot. Penelitian juga menunjukkan bahwa lansia memiliki sepertiga lebih banyak lemak dibandingkan ketika usia masih muda. Jaringan lemak terbentuk di bagian tengah tubuh, termasuk di sekitar organ-organ internal (Ferraro et al., 2008).

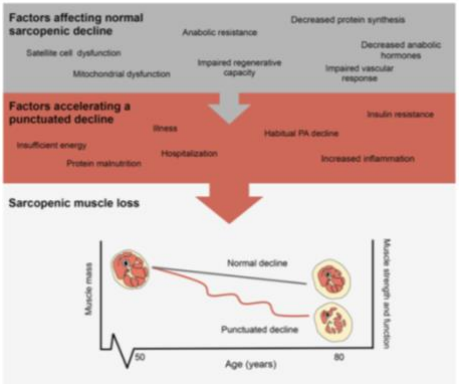
2.5 Dampak Penuaan Pada Aktivitas Fisik dan Kebugaran Fisik Pada Lajut Usia

Aktivitas fisik secara bertahap menurun seiring bertambahnya usia dengan berkurangnya massa dan kekuatan otot. Selama proses penuaan, aktivitas fisik menurun sebesar 40%-80%, sehingga meningkatkan kemungkinan lansia mengalami gangguan metabolisme dan penyakit kronis lainnya seperti kanker, diabetes, penyakit serebrovaskular dan kardiovaskular (Gopinath et al., 2018). Selain itu, dampak penuaan pada muskuloskeletal juga dilaporkan oleh *The Bone and Joint Decade* (BJD) pada tahun 2003 yaitu osteoarthritis, rheumatoid arthritis, oseteoporosis, dan nyeri punggung bawah (Boyd et al., 2005). Prevalensi kondisi muskuloskeletal meningkat seiring bertambahnya usia. Pada perspektif pelayanan kesehatan, meningkatnya proporsi dan beban lansia menuntut para profesional kesehatan untuk meningkatkan kesadaran akan kesehatan dan disabilitas (Fejer & Ruhe, 2012).

Penurunan kekuatan dan fungsi otot seiring bertambahnya usia, sarkopenia, berkontribusi pada peningkatan risiko : jatuh, fraktur, rawat inap di rumah sakit, dan berkurangnya mobilitas pada lansia. Perkiraan berdasarkan populasi tentang hilangnya otot setelah usia 60 tahun menunjukkan kehilangan ~1% per tahun, sementara kehilangan kekuatan lebih cepat yaitu ~3% per tahun. Namun, angka-angka ini tidak linier karena berkurangnya aktivitas fisik secara berkala dan *disuse* otot untuk sementara waktu mempercepat hilangnya otot, penurunan kekuatan dan *power* otot. *Disuse* otot bersifat episodik dapat disebabkan oleh *bedrest* yang

berhubungan dengan penyakit atau *disuses* otot lokal sebagai akibat dari imobilisasi/operasi (Oikawa et al., 2019). Mekanisme yang meong sarkopenia telah menjadi fokus penelitian dan klinis karena dampaknya terhadap pasien lansia. Sarkopenia akibat kombinasi aksi katabolik dan berkurangnya pengaruh anabolik, termasuk inflamasi, perubahan hormonal, dan gaya hidup termasuk nutrisi. Peradangan kronis akibat penuaan dikaitkan dengan sitokin katabolik, seperti *tumor necrosis factor*-α, interleukin (IL)-6, dan *C-reactive protein* yang menyebabkan resistensi anabolik. Ada juga hubungan yang muncul antara kualitas diet seseorang dan risiko sarkopenia (Granic et al., 2019).

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi perkembangan kehilangan otot sarkopenia dengan peristiwa ketidakaktifan yang semakin mempercepat kehilangan otot seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. Faktor gaya hidup seperti latihan atau *latihan* dan nutrisi dapat memoderasi perkembangan kehilangan otot normal dengan bertambahnya usia. Secara khusus, penurunan aktivitas fisik, asupan energi yang tidak mencukupi atau berlebih, dan malnutrisi protein dapat bertindak secara sinergis mempercepat penurunan sarkopenia. Setiap kejadian *disuse* otot, kehilangan massa otot dan luas penampang otot juga berkurang secara drastis akibat peningkatan kandungan lemak intramuskular (Atherton et al., 2016). Aktivitas fisik adalah pengatur yang kuat dari faktor-faktor yang terkait dengan penuaan dan kesehatan otot rangka (ketidakaktifan dan peradangan (Oikawa et al., 2018), *reactive oxygen species* atau ROS, kontrol glikemik (McGlory et al., 2018), hilangnya motor neuron (Aagaard et al., 2010) dan ketika dikombinasikan dengan nutrisi yang tepat (asupan protein yang cukup) dapat berfungsi untuk melemahkan laju penurunan otot (Oikawa et al., 2019).



Gambar 2. 6. Faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan sarkopenia. Representasi kehilangan otot sarkopenia yang normal dan kehilangan otot yang dipercepat (Oikawa et al., 2019).

Penurunan aktivitas fisik akibat penuaan juga dipengaruhi oleh kebugaran fisik atau *physical fitness* (Sheehan, 2021). Kebugaran fisik (*physical fitness*) adalah kemampuan melakukan kegiatan sehari-hari dengan penuh semangat dan waspada, tanpa kelelahan, cukup energi dalam menikmati waktu luang dan menghadapi keadaan darurat yang tidak terduga (Physical Activity Guidelines Advisory Committee, 2008). Berkurangnya kapasitas fisiologis yang terlihat jelas seiring bertambahnya usia dapat memengaruhi kemampuan untuk melakukan aktivitas, sehingga berpotensi mempengaruhi kualitas hidup. Proses fisiologis penuaan ditandai dengan penurunan kemampuan motorik, berkurangnya kekuatan, fleksibilitas, kecepatan dan $V\dot{O}_2max$, sehingga menghambat aktivitas sehari-hari dan pemeliharaan dari gaya hidup sehat (Centers For Diseases Control and Prevention, 2002; Chodzko-Zajko et al., 2009).

Kebugaran fisik sangat erat kaitannya dengan kondisi fisik. Tingkat kebugaran fisik yang baik adalah orang tersebut dapat melakukan aktivitas secara lama. Kebugaran fisik merupakan salah satu faktor penting untuk melakukan aktivitas fisik dan latihan, serta berdampak positif terhadap fungsi fisik, dan terkait dengan pencegahan dan pengelolaan beberapa kondisi yang berhubungan dengan kesehatan yang dihadapi oleh lansia. Indikator yang paling penting dari kesehatan dan kesejahteraan lansia adalah kualitas hidup (*Quality of Life*/QOL). Menurut *World Health Organization* (WHO), kualitas hidup dapat dapat dinilai dari persepsi seseorang tentang posisi mereka dalam kehidupan, konteks budaya dan nilai-nilai yang ada di lingkungan sekitarnya, serta dengan tujuan, harapan,

standar, dan perhatian masing-masing individu, harapan, standar, dan perhatian masing-masing individu. (Caspersen et al., 1985; Martinez et al., 2021).

2.6 Latihan dan Aktivitas Fisik Pada Lanjut Usia

Aktivitas fisik didefinisikan sebagai setiap gerakan tubuh yang dihasilkan oleh otot rangka dan menghasilkan energi ekspenditur. 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 (Riebe et al., 2018). Frekuensi (jumlah hari per minggu yang didedikasikan untuk program latihan) merupakan kontributor penting bagi manfaat kesehatan/kebugaran yang dihasilkan dari latihan. Peresepannya meliputi : frekuensi ≥3-5x/minggu, intesitas skala 0-10 pada level *physical exertion (*5-6 intensitas *moderate*, dan 7-8 intensitas *vigorous*), durasi 30-60 menit dengan intensitas *moderate* dan 20-30 menit dengan intesitas *vigorous*, jenis disesuaikan dengan kondisi lansia (seperti *aquatic exercise* dan sepeda statis pada lansia dengan keterbatasan toleransi dengan *weight bearing*) (Riebe, 2018). Efek latihan yang optimal pada lansia 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 $V\dot{O}_2$max dan kekuatan otot (Garber et al., 2011). Selain peresepan latihan aerobik, komponen latihan juga harus diperhatikan untuk mengoptimalkan latihan yang dijelaskan pada tabel 2.2 (Riebe et al., 2018).

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* (VO2R), *heart rate reserve* (HRR), *oxygen consumption* ($V\dot{O}_2$), *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 membutuhkan 2,0-2,9 METs, *moderate* 3,0-5,9 METs, dan *vigorou*s ≥6,0 METs (Riebe et al., 2018).

Latihan aerobik telah terbukti dalam beberapa penelitian dapat meningkatkan V̇O$_2$max, kepadatan dan aktivitas mitokondria, sensitivitas insulin, dan energi ekspenditur pada dewasa muda dan tua (Garber et al., 2011). *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) merekomendasikan agar lansia yang berusia 65 tahun ke atas untuk melakukan latihan aerobik *dengan* durasi sedang selama ±150 menit atau ±75 menit dengan intesitas *vigorous* per minggu dengan tambahan latihan penguatan otot setidaknya dua kali/minggu. Namun hanya sekitar 40% lansia memenuhi pedoman CDC untuk melakukan latihan aerobik dan hanya sekitar 15% yang memenuhi pedoman aerobik dan penguatan otot. Baru-baru ini, perhatian difokuskan pada manfaat aktivitas fisik dengan latihan intensitas *light* hingga *moderate* karena lebih mudah diadopsi oleh lansia (Volpi et al., 2004).

Penelitian yang dilakukan oleh Charifi,*dkk* (2023) melaporkan bahwa latihan aerobik (40% V̇O$_2$max) dapat meningkatkan sintesis protein otot secara akut dan kemandirian pada lansia. Meskipun latihan aerobik tidak menginduksi hipertrofi otot, namun beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa intensitas latihan aerobik dapat mendorong tingkatan hipertrofi, seperti peningkatan lingkar betis, area serat otot, dan aktivasi sel satelit (Charifi et al., 2003). Massa otot bukan satu-satunya penentu fungsi otot dan latihan aerobik mungkin memiliki efek positif yang penting terhadap adaptasi neuromuskuler dan kualitas otot terutama pada individu *sedentary* dan sarkopenia sebelum intervensi latihan (Volpi et al., 2004).

Saat ini tidak ada intervensi gaya hidup, termasuk latihan, yang telah terbukti dapat memperpanjang usia maksimal pada manusia. Sebaliknya, aktivitas fisik yang teratur dapat meningkatkan harapan hidup rata-rata terhadap perkembangan penyakit kronis (melalui pengurangan efek penuaan sekunder). Aktivitas fisik juga membatasi dampak penuaan sekunder melalui pemulihan kapasitas fungsional pada orang dewasa yang *sedentary*. Program latihan aerobik dapat meningkatkan kapasitas aerobik sebesar 20%-30% atau lebih pada lansia (Chase et al., 2017).

Tabel 2. 2 Komponen Latihan (Riebe, 2018)

Wam-up	• Fase transisi yang memungkinkan tubuh menyesuaikan diri dengan tuntutan fisiologis, biomekanik, dan bioenergi yang berubah dari fase pengkondisian atau olahraga dari sesi latihan. • Minimal 5-10 menit aktivitas daya tahan aerobik (kardiorespi) dan otot dengan intensitas ringan hingga sedang
Conditioning	• Fase pengkondisian yang diikuti dengan periode pendinginan • Minimal 20-60 menit aktivitas daya tahan aerobik (kardiorespi) dan otot (*exercise bout* 10 menit dapat diterima dengan akumulasi 20-60 menit/hari pada latihan aerobik)
Cool-down	• Tujuanya untuk pemulihan detak jantung (HR), tedominan darah (BP) secara bertahap, dan pembuangan produk akhir metabolisme dari otot yang digunakan selama fase pengkondisian latihan yang lebih intens. • Minimal 5-10 menit dengan intensitas *light-to-moderate* pada latihan daya tahan kardiorespi dan otot
Stretching	• Fase ini dilakukan setelah pemanasan atau pendinginan, karena otot yang lebih hangat dapat meningkatkan ROM • Minimal 10 menit

Penilaian aktivitas fisik dapat menggunakan kuesioner yang merupakan metode paling umum dilakukan dan mengandalkan kemampuan ingatan partisipan (Castillo-Retamal & Hinckson, 2011). Kuesioner bervariasi berdasarkan apa yang diukur (misalnya mode, durasi, atau frekuensi aktivitas fisik), pelaporan data (misalnya skor aktivitas, waktu, dan kalori), kualitas data (misalnya ukuran intensitas, membedakan antara aktivitas kebiasaan dan aktivitas yang baru saja dilakukan, termasuk aktivitas waktu luang dan bukan waktu luang), dan perolehan data (misalnya penilaian dengan kertas dan pensil, kuesioner terkomputerisasi, wawancara) (Jacobs et al., 1992).

International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) versi bahasa Indonesia yang telah diuji validasi dan reliabilitas oleh Dharmansya dan Budiana (2021)

dengan validitas kriteria yang memuaskan. Sebanyak tujuh item pertanyaan dalam IPAQ dinyatakan valid. Nilai Kaiser-Meyer-Olkin adalah 0.910, dan uji *Bartlett's test of sphericity* adalah X2 = 573.434 (df=28, p<0.000). Reliabilitas dengan koefisien *alpha Cronbach* kuesioner IPAQ adalah 0,884 (0,828-0,902) (Dharmansyah & Budiana, 2021). Instrumen ini mengukur waktu yang dihabiskan untuk aktivitas fisik termasuk pekerjaan di rumah, transportasi, aktivitas di waktu senggang, dan aktivitas fisik dengan intensitas sedang hingga berat selama tujuh hari terakhir (Lo et al., 2021).

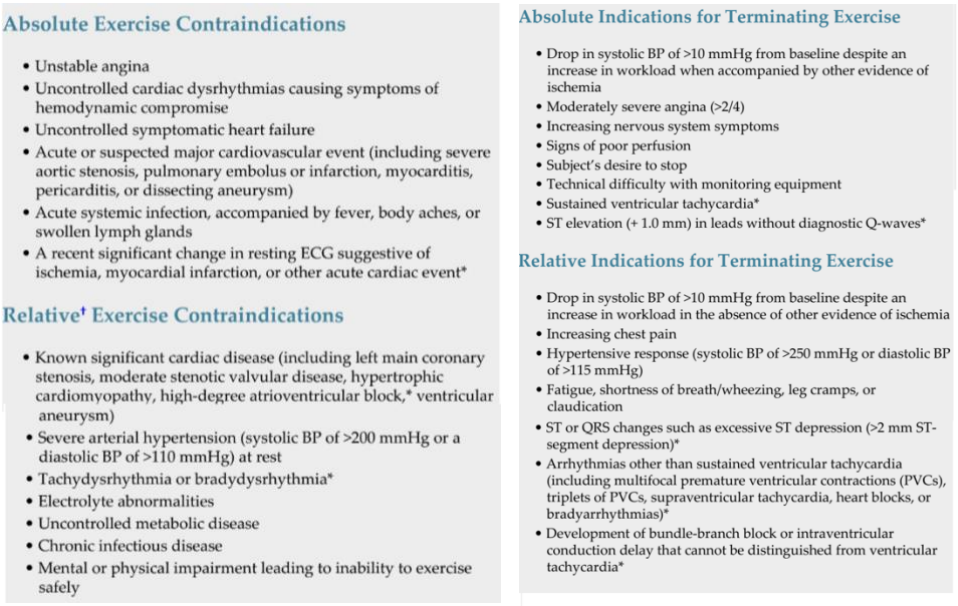
2.7 Latihan Aerobik Pada Lanjut Usia

Latihan aerobik dapat membantu menjaga berbagai aspek fungsi jantung dan paru-paru serta *cardiac output*. Latihan aerobik memungkinkan tubuh untuk membakar kalori dengan menggunakan fungsi parameter yang disebut sebagai *metabolic equivalent* (MET). Satu MET sama dengan 3,5 mLO_2/kg berat badan per menit, yang dibutuhkan tubuh manusia saat istirahat. Semakin banyak usaha yang dilakukan aktivitas, semakin tinggi nilai MET. Namun, karena kapasitas aerobik maksimal menurun seiring bertambahnya usia, maka tingkat intensitas latihan relatif (VO2 max) akan lebih tinggi untuk lansia dengan tingkat MET yang sama (Avers, 2016).

Latihan aerobik menjadi efektif apabila efek latihan terjadi. Ketika total beban latihan melebihi beban yang dihadapi selama kehidupan sehari-hari dan terjadi proses adaptasi maka akan meningkatkan kebugaran kardiovaskular. Manfaat latihan dapat meningkatkan kesehatan dan penanganan penyakit kronis, sehingga diperlukan peresepan yang efektif dan disesuaikan pada lansia (Avers, 2016). Adapun peresepan latihan pada lansia telah dijelaskan pada poin 2.6.

Sebagian besar faktor risiko yang terkait dengan penyakit kronis meningkat seiring bertambahnya usia, penerapan aktivitas fisik yang teratur dapat mencegah penurunan fungsional yang terkait dengan penuaan. Pada lansia harus melakukan *pre-exercise screening* sebelum memulai program latihan untuk pasien dengan komorbiditas, penggunaan satu atau lebih obat, dan hambatan dalam mengadopsi serta mempertahankan latihan (Zaleski et al., 2016). Risiko akut latihan yang berkaitan dengan kejadian kardiovaskular cukup tinggi pada orang lansia *sedentary* yang diketahui memiliki penyakit kardiovaskular atau mendasari dalam melakukan latihan intensitas *vigorous* (Federal Interagency Forum on Aging-Related Statistics (U.S), 2004). Oleh karena itu, perlunya mengetahui

kontraindikasi relatif dan absolut serta kriteria menghentikan latihan yang tampak pada gambar 2.7 (Riebe, 2018).



Absolute Exercise Contraindications

- Unstable angina
- Uncontrolled cardiac dysrhythmias causing symptoms of hemodynamic compromise
- Uncontrolled symptomatic heart failure
- Acute or suspected major cardiovascular event (including severe aortic stenosis, pulmonary embolus or infarction, myocarditis, pericarditis, or dissecting aneurysm)
- Acute systemic infection, accompanied by fever, body aches, or swollen lymph glands
- A recent significant change in resting ECG suggestive of ischemia, myocardial infarction, or other acute cardiac event*

Relative† Exercise Contraindications

- Known significant cardiac disease (including left main coronary stenosis, moderate stenotic valvular disease, hypertrophic cardiomyopathy, high-degree atrioventricular block,* ventricular aneurysm)
- Severe arterial hypertension (systolic BP of >200 mmHg or a diastolic BP of >110 mmHg) at rest
- Tachydysrhythmia or bradydysrhythmia*
- Electrolyte abnormalities
- Uncontrolled metabolic disease
- Chronic infectious disease
- Mental or physical impairment leading to inability to exercise safely

Absolute Indications for Terminating Exercise

- Drop in systolic BP of >10 mmHg from baseline despite an increase in workload when accompanied by other evidence of ischemia
- Moderately severe angina (>2/4)
- Increasing nervous system symptoms
- Signs of poor perfusion
- Subject's desire to stop
- Technical difficulty with monitoring equipment
- Sustained ventricular tachycardia*
- ST elevation (+ 1.0 mm) in leads without diagnostic Q-waves*

Relative Indications for Terminating Exercise

- Drop in systolic BP of >10 mmHg from baseline despite an increase in workload in the absence of other evidence of ischemia
- Increasing chest pain
- Hypertensive response (systolic BP of >250 mmHg or diastolic BP of >115 mmHg)
- Fatigue, shortness of breath/wheezing, leg cramps, or claudication
- ST or QRS changes such as excessive ST depression (>2 mm ST-segment depression)*
- Arrhythmias other than sustained ventricular tachycardia (including multifocal premature ventricular contractions (PVCs), triplets of PVCs, supraventricular tachycardia, heart blocks, or bradyarrhythmias)*
- Development of bundle-branch block or intraventricular conduction delay that cannot be distinguished from ventricular tachycardia*

Gambar 2. 7 Kriteria kontraindikasi latihan serta indikasi terminasi latihan (Riebe, 2018).

2.8 Komponen Kebugaran Fisik Pada Lanjut Usia

Kebugaran fisik terdiri dari beberapa komponen yang dibagi menjadi dua yaitu *health-related* dan *skill-related*. Komponen *health-related* yaitu *cardiorespiratory endurance*, komposisi tubuh, *muscular endurance*, kekuatan otot, dan fleksibilitas. Sedangkan komponen *skill-related* yaitu *agility,* koordinasi, *balance, power, reaction time,* dan kecepatan (Riebe, 2018).

Ketahan (ukuran kebugaran) adalah kemampuan untuk bekerja dalam jangka waktu yang lama dan menahan kelelahan. Kemampuan ini termasuk daya tahan otot dan daya tahan kardiovaskular (McArdle, Katch and Katch, 2010). Ketahan kardiorespi adalah kemampuan sistem peredaran darah dan pernapasan untuk memasok oksigen selama aktivitas fisik berkelanjutan. Sedangkan ketahanan otot adalah kemampuan kelompok otot melakukan gerakan otot secara berulang selama periode waktu yang cukup untuk menyebabkan kelelahan otot atau mempertahankan persentase tertentu dari 1-RM pada waktu yang lama. Komposisi tubuh merupakan jumlah relatif otot, tulang, lemak, dan bagian vital tubuh lainnya. Kekuatan otot adalah kemampuan otot untuk mengerahkan tenaga, sedangkan fleksibilitas merupakan kemampuan sendi atau serangkaian sendi

untuk bergerak melalui rentang gerak yang tidak terbatas dan bebas nyeri (Riebe, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Yi-Pang Lo*,dkk* (2021) untuk penilaian kebugaran fisik (*health related*) dari *American College of Sports Medicine* (ACSM) dan pedoman *exercise testing* (Riebe, 2018) berupa pengukuran (1) komposisi tubuh berdasarkan tinggi, berat badan, dan indeks massa tubuh (BMI); (2) kekuatan otot tangan diukur dengan menggunakan *handgrip dynamometer digital* TKK-5401 (Matsuyoshi & Co., Tokyo, Jepang); (3) daya tahan otot berdasarkan *30 second sit to stand test* menggunakan stopwatch dan kursi dengan sandaran lurus, tinggi kursi 43 cm, dan tanpa sandaran tangan; (4) fleksibilitas berdasarkan *chair sit and reach test* (Lo et al., 2021).

Komposisi tubuh juga dapat dinilai menggunakan *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA) dan *dual-energy X-ray absorptiometry* (DEXA). Validitas BIA lebih rendah dibanding DEXA (mean bias −0.60 ± 1.21 kg), tetapi memiliki sensitivitas 90% dan spesifisitas 80% yang sama dengan DEXA. *Dual-energy X-ray absorptiometry* dianggap sebagai standar referensi untuk menilai *lean mass*. Namun dalam praktiknya, DEXA tidak sering digunakan karena terlalu mahal dan membutuhkan tindakan pencegahan keselamatan dan pelatihan yang tepat. Pada praktiknya, BIA disarankan sebagai alternatif praktis karena murah, cepat, dan mudah digunakan oleh para profesional pada penegakan diagnosis (van den Helder et al., 2022).

Kekuatan otot tangan berupa genggaman dapat diukur menggunakan *handgrip dynamometer* pada gambar 2.8. Ada beberapa *handgrip dynamometer* yaitu tipe *hydraulic (*JAMAR*)* atau *spring dynamometer* (CAMRY). Validitas berupa *intra-class correlation* (ICC) antara kedua perangkat adalah 0,815-0,854, dan *Spearman rank correlation* dari kedua *dynamometer* adalah 0,810-0,855 yang mengindikasikan keandalan yang sangat baik di antara kedua *dynamometer* dalam mengkur kekuatan otot tangan (Huang et al., 2022).

(a) (b)

Gambar 2. 8 (a) Jamar Dynamometer ; (b) CAMRY dynamometer (Huang et al., 2022).

Penilaian ketahanan otot salah satunya dapat menggunakan *30 second sit to stand test* dengan *test-retest reliability* yang sangat baik dengan nilai r = 0,89 (*Confidence interval* 95% 0,79-0,93). Sedangkan validitas yang sangat baik dari *30 second sit to stand test* dibandingkan dengan *leg press performance* yang disesuaikan dengan berat badan untuk semua partisipan: r = 0,77, 95% CI = 0,64-0,85 (Rikli & Jones, 1999).

Pada penilaian fleksibilitas lansia (Gambar 2.9) dapat menggunakan *chair sit and reach test* (CSR) terutama pengukuran trunk dan hamstring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CSR memiliki i*ntraclass test-retest reliability* yang baik (r= .92 untuk pria; r = .96 untuk wanita). Validitas kriteria dari CSR untuk partisipan pria dan wanita sebanding dengan *floor sit and reach test* (SR) (r = .74 dan r=.71) dan *back saver sit and reach* (BSR) (r = .70 dan r = .71). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tes CSR menghasilkan ukuran yang cukup akurat dan ukuran yang stabil dari fleksibilitas hamstring (Jones et al., 1998).

Gambar 2. 9 *Chair sit and reach test* (Jones et al., 1998).

2.9 *Virtual Reality Exergame*

Pada lansia, keterbatasan dan tantangan dalam mengikuti program rehabilitasi termasuk aktivitas fisik berupa latihan adalah partisipasi dan kepatuhan secara penuh. Motivasi dapat mempengaruhi seseorang terkhusus

lansia untuk patuh dalam mengikuti program rehabilitasi dan pengalaman positif, serta kenyamanan dapat mempertahankan minat dalam latihan. Lansia akan diberikan program latihan sesuai pilihan dan kesukaan, sehingga akan meningkatkan faktor kepatuhan. Lansia akan lebih tertarik dengan sebuah latihan dengan metode baru, sehingga lansia an merasa tantangan. Pemberian latihan juga perlu memperhatikan faktor keamanan untuk mencegah efek negatif dari latihan seperti rasa sakit, rasa malu, waktu dan tenaga, ketidaknyamanan (Gopinath et al., 2018; Tse et al., 2013).

Aktivitas fisik yang menantang dapat memberdayakan para lansia saat mereka berhasil menghadapi tantangan baru. Kegiatan seperti menari dapat meningkatan minat dan terbukti secara penelitian jika dilakukan secara berkelompok lebih baik hasilnya jika dibandingkan hanya latihan jogging. Musik dengan tempo yang sesuai juga menambah minat dan pengalaman positif pada program latihan dan meningkatkan partisipasi. Untuk meningkatkan keterlibatan, terapi, latihan, dan aktivitas fisik harus berfokus pada kegiatan yang menyenangkan, berkelompok, dan sesuai untuk setiap pasien. Variasi pada program rehabilitasi berguna mengurangi kebosanan dan agar lansia tetap terlibat (Avers & Wong, 2019). Selain itu, faktor eksternal seperti kesulitan bergerak, jarak, atau tidak beradaptasi dengan lingkungan tempat pusat latihan berperan pada kepatuhan lansia dalam aktivitas fisik (Brown et al., 2009).

Intervensi teknologi membantu lansia meningkatkan kesehatan dan kebugaran mereka secara umum, serta mekanisme rehabilitasi yang efektif bagi mereka. Lansia menghadapi tantangan untuk peningkatan kognitif dan fisik dalam hidup mereka. Permainan *exertion games* atau *exergame* adalah cara untuk mendorong *physical activity* (PA) atau aktivitas fisik dengan manfaat apada kesehatan. *Virtual reality* e*xergame* untuk lansia, dengan keterbatasan aktivitas fisik menuntut pemahaman yang lebih besar tentang kompleksitas interaksi manusia. Sebuah tinjauan sistematis tentang VR *exergame* diperlukan untuk memajukan pengetahuan tentang pengembangan sistem interaktif, dari sudut pandang manusia secara khusus pada lansia (Kappen et al., 2019).

Virtual reality exergame adalah bentuk permainan digital yang mengombinasikan *video game* dan aktivitas fisik yang membutuhkan pergerakan fisik dari pemain dengan hasil yang ditentukan oleh upaya fisik pemain. Saat ini semakin banyak jenis *exergame* dengan *consol-based*. Permainan ini menawarkan teknologi dan *game* yang memungkinkan permainan dilakukan di

dalam rumah. Selain itu sejumlah perangkat seluler, seperti ponsel, tablet, dan kontrol portabel memungkinkan bermain game di berbagai pengaturan yang berbeda dan menggunakan berbagai sensor untuk bermain. Platform permainan yang berbeda ini dapat digunakan, misalnya di komunitas dan publik seperti pusat medis, pusat kebugaran, tempat kerja, dan lingkungan sekolah. *Exergame* terdiri dari *console-based exergaming* dikarakteristikkan sebagai permainan yang dimainkan di depan televis (termasuk *virtual reality headset*), sedangkan *mobile-based exergame* dimainkan di area yang lebih besar (Hung et al., 2014).

Exergame terdiri dari latihan fisik seluruh tubuh yang dilakukan melalui video *game* aktif yang membutuhkan koordinasi motorik kasar dan visual-spasial, keseimbangan, dan energi ekspenditur, yang sebanding dengan aktivitas fisik dengan intensitas sedang (Mura et al., 2018). Latihan ini memungkinkan partisipan untuk berlatih di rumah dan mencapai intensitas latihan aerobik dan energi ekspenditur yang direkomendasikan (Lanningham-Foster et al., 2009; LeGear et al., 2016).

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

Banyak penelitian tentang *exergame* yang mendasarkan berbasis latihan fisik dan olahraga pada antarmuka 2D. Namun, *exergame* yang mengeksplorasi peran *Virtual Reality* (VR) masih belum banyak digunakan. Namun demikian, minat terhadap pelatihan fisik berbasis VR untuk pengguna lansia mulai meningkat. *Exergame* berbasis VR membuat pengguna dalam lingkungan virtual tiga dimensi melalui tampilan yang dipasang di kepala. Gerakan pada tubuh akan disesuaikan dengan gerakan di ruang virtual, dan sebaliknya (Campo-Prieto et al., 2021). Sebuah studi (Piech dan Czernicki 2021) juga menunjukkan bahwa rehabilitasi berbasis VR dapat melengkapi metode fisioterapi konvensional (Piech & Czernicki, 2021).

Beberapa aplikasi *virtual reality exergame* juga telah mengintegrasikan aspek sosial, sehingga dapat memotivasi lansia untuk berpartisipasi dalam melakukan latihan. Salah satu penelitian mengeksplorasi peran motivasi sosialisasi teman sebaya dalam *exergame* melalui permainan kompetitif atau kolaboratif (Piech &

Czernicki, 2021). 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. *Virtual reality exergame* juga dapat menyediakan beberapa permainan yang dianggap menantang dan dapat berintegrasikan dengan sosial yang terbukti dapat mengurangi tingkat depresi dan kesepian pada lansia (Høeg et al., 2021; Shah et al., 2022).

Latihan berbasis *game* dapat meningkatkan motivasi pemain dan mengurangi waktu staf untuk melakukan intervensi. *Nintendo Switch RingFit Adventure* (RFA) adalah novel *exergame* yang menggabungkan latihan resistensi, aerobik, dan keseimbangan (Tuan et al., 2022). *Exergame* dapat menjadi solusi untuk menjawab kekurangan latihan fisik yang repetitif dan monoton karena lingkungan permainan yang menarik dan multisensorik dengan lingkungan yang imersif di mana interaksi terjadi melalui gerakan seluruh tubuh. Alat ini (Gambar 2.10) membutuhkan satu konsol *video game Nintendo Switch*, satu *Ring-Con* (cincin Pilates yang dipegang pengguna), satu pengendali nirkabel *Joy-Con* (satu harus diletakkan di atas *Ring-Con* dan satunya lagi ditempelkan ke dalam tali pengikat kaki di paha pemain), dan satu layar tampilan. *RingFit Adventure* adalah permainan *game* - peran aksi kebugaran. Pemain akan mengikuti cerita dari permainan sambil latihan karena gerakan pemain terhubung dengan karakter utama di layar. Pergerakan pemain dan aksi pertarungan didasarkan pada kinerja aktivitas fisik tertentu dengan menggunakan *Ring-Con* dan tali pengikat kaki (Koivisto & Hamari, 2019). *Ring-Con* adalah pengontrol sistem dengan sensor gaya dan regangan presisi tinggi yang mendeteksi dan mendigitalkan gerakan pemain, seperti meregangkan dan meremas. *Joy-Con* dilengkapi dengan kamera gerak sinar inframerah dan digunakan untuk memantau detak jantung pemain. *RingFit Adventure* dapat memperkirakan intensitas latihan yang optimal untuk setiap pemain dan melakukan pengaturan naik dan turun yang disesuaikan berdasarkan umpan balik fisiologis ini (Tuan et al., 2022).

Gambar 2. 10 Komponen *Nintendo Switch*, untuk memainkan *RingFit Adventure*, pemain harus menggunakan *Nintendo Switch*, yang mencakup perangkat berikut ini: **A**. *Ring-Con*: Cincin Pilates yang dipegang pengguna; **B**. *Joy-Con*: Pengontrol nirkabel. Salah satu *Joy-Con* (**B1**) harus diletakkan di atas *Ring-Con* (A). *Joy-Con* lainnya (**B2**) harus dipasang pada *Leg Strap* (**C**) di paha pemain (Tuan et al., 2022).

2.10 *Virtual Reality Exergame,* Aktivitas Fisik, dan Kebugaran Fisik Pada Lanjut Usia

Nintendo Wii™ *exergame*, seperti *Wii Sports* dan *Wii Fit*, menjadi semakin populer di lingkungan rehabilitasi dan perawatan jangka panjang. Konsol Wii memiliki perangkat genggam nirkabel dengan sensor yang tertanam untuk mendeteksi perubahan arah, kecepatan, dan akselerasi dalam tiga dimensi. Permainan ini menawarkan umpan balik kinerja visual dan audio langsung serta informasi secara progres. Permainan ini juga menawarkan berbagai jenis umpan balik motivasi seperti komentar yang menyemangati dan musik untuk memfasilitasi latihan dan peningkatan tugas. Fitur-fitur ini memungkinkan aktivitas permainan menjadi saling aktif dan menyenangkan. Berbagai tingkat aktivitas yang berbeda dapat dimainkan dengan berdiri atau duduk (Agmon et al., 2011). Perangkat Wii relatif murah dan *portable*, sehingga permainan Wii semakin banyak digunakan sebagai alternatif dari program latihan konvensional untuk meningkatkan tingkat aktivitas harian dan kebugaran fisik pada lansia (Gil-Gómez et al., 2011).

Wii Sports telah digunakan sebagai terapi tambahan untuk terapi fisik konvensional dan latihan standar untuk meningkatkan fungsi ekstremitas atas dan tangan pada penderita stroke (misalnya fungsi motorik lengan, kekuatan otot, dan kekuatan cengkeraman) (Joo et al., 2010), mengurangi kekakuan atau gangguan gejala bahu pada penghuni panti jompo yang mengalami disfungsi ekstremitas atas (misalnya rasa sakit, kelemahan, dan kekakuan) (Hsu et al., 2011). Selain menggunakan *Wii exergame* sebagai terapi tambahan, *exergame* juga digunakan secara mandiri untuk meningkatkan kemampuan fungsional dan luas gerak sendi

ekstremitas atas secara signifikan, serta menurunkan spastisitas ekstremitas atas pada penderita stroke (Mouawad et al., 2011).

Penelitian yang dilakukan oleh Fung, Ho, Shaffer, Chung, & Gomez (2012) menunjukkan bahwa latihan *Wii exergame* meningkatkan keseimbangan, gerakan ekstremitas bawah, kekuatan, dan fungsi pada pasien rawat jalan setelah *total knee replacement/*TKR (Fung et al., 2012), mobilitas fungsional, dan keseimbangan pada pasien di unit rehabilitasi geriatri akut (Laver et al., 2012), daya tahan berjalan dan jumlah *sit-to-stand test* dalam 30 detik pada pasien dengan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK) (Albores et al., 2013), keseimbangan statis dan dinamis, mobilitas, dan kemampuan fungsional pada subjek dengan penyakit Parkinson (Esculier et al., 2012).

Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa partisipasi dalam program *Wii exergame* meningkatkan keseimbangan pada penderita stroke (Mouawad et al., 2011), dan lansia yang tinggal di panti jompo (Toulotte et al., 2012). Selain itu, lansia yang tinggal di berbagai jenis fasilitas panti jompo telah terbukti mengalami peningkatan yang signifikan dalam hal keseimbangan dan kecepatan berjalan (Agmon et al., 2011). Penelitian lain juga melaporkan bahwa lansia yang tinggal di komunitas lansia mengalami peningkatan keseimbangan yang signifikan pada *follow-up* 1 bulan setelah program *Wii Fit* selama 3 minggu (Bieryla & Dold, 2013). Penelitian-penelitian ini mendukung penggunaan exergame Wii sebagai intervensi klinis untuk meningkatkan aktivitas fisik dan meningkatkan keseimbangan, kepercayaan diri, mobilitas, kecepatan berjalan, kekuatan otot, fleksibilitas, dan kemampuan fungsional pada lansia (Chao et al., 2015).