

**Pemanfaatan *Virtual Reality Exergaming* dalam Meningkatkan Kekuatan Otot Pasca Rekonstruksi
*Anterior Cruciate Ligament***

Rahmat Nugraha

Jurusan Fisioterapi, Poltekkes Kemenkes Makassar, Makassar, Indonesia; rahmatnugraha@poltekkes-mkc.ac.id
(koresponden)

Latifa Insani Nurhalim

Jurusan Fisioterapi, Poltekkes Kemenkes Makassar, Makassar, Indonesia; latifainsanin@gmail.com

Rizky Wulandari Ramli

Jurusan Fisioterapi, Poltekkes Kemenkes Makassar, Makassar, Indonesia; rzkywulan2402@gmail.com

ABSTRACT

Post-Anterior Cruciate Ligament reconstruction has an impact on decreased muscle strength. Decreased muscle strength around the knee causes loss of proprioceptive control, resulting in instability in the knee joint which causes excessive load on the knee joint. Providing exercise therapy with the principle of activating and contracting muscles causes increased muscle strength of the lower limbs around the previously weakened injury area, especially in the quadriceps muscle group which causes functional instability. Exercise therapy can be done using virtual reality devices through exergaming which is a combination of exercise and games. This study aimed to determine the effectiveness of virtual reality exergaming in increasing muscle strength after Anterior Cruciate Ligament reconstruction. The method used was a literature review study. Literature searches utilize search engines using a combination of keywords according to the topic. The results of the study showed that after a review of selected articles, which was continued with classification, direction, elimination and organization, it was found that all literature reported that virtual reality exergaming can significantly increase muscle strength after Anterior Cruciate Ligament reconstruction. Furthermore, it was concluded that virtual reality exergaming is an effective intervention to increase muscle strength after Anterior Cruciate Ligament reconstruction.

Keywords: anterior cruciate ligament; post reconstruction; muscle strength; virtual reality; exergaming

ABSTRAK

Pasca rekonstruksi *Anterior Cruciate Ligament* berdampak pada penurunan kekuatan otot. Penurunan kekuatan otot di sekitar lutut menyebabkan kehilangan kontrol proprioseptif, sehingga timbul ketidakstabilan pada sendi lutut yang menyebabkan beban di sendi lutut menjadi berlebihan. Pemberian terapi latihan dengan prinsip mengaktifkan dan mengkontraksikan otot menyebabkan peningkatan kekuatan otot anggota gerak bawah di sekitar area cedera yang sebelumnya melemah, khususnya pada kelompok otot *quadriceps* yang menyebabkan ketidakstabilan fungsional. Terapi latihan dapat dilakukan menggunakan perangkat *virtual reality* melalui *exergaming* yang merupakan kombinasi dari *exercise* dan *game*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas *virtual reality exergaming* dalam meningkatkan kekuatan otot pasca rekonstruksi *Anterior Cruciate Ligament*. Metode yang digunakan ialah studi *literature review*. Pencarian literatur memanfaatkan mesin pencari dengan menggunakan kombinasi dari kata kunci sesuai topik. Hasil studi menunjukkan bahwa setelah dilakukan *review* terhadap artikel terpilih, yang dilanjutkan dengan penggolongan, pengarahan, eliminasi dan organisasi, maka diketahui bahwa seluruh literatur melaporkan bahwa *virtual reality exergaming* secara signifikan dapat meningkatkan kekuatan otot pasca rekonstruksi *Anterior Cruciate Ligament*. Selanjutnya disimpulkan bahwa *virtual reality exergaming* merupakan intervensi yang efektif untuk meningkatkan kekuatan otot pasca rekonstruksi *Anterior Cruciate Ligament*.

Kata kunci: anterior cruciate ligament; pasca rekonstruksi; kekuatan otot; *virtual reality*; *exergaming*

PENDAHULUAN

Anterior Cruciate Ligament (ACL) adalah ligamen yang terdapat pada sendi lutut. Ligamen ini berfungsi sebagai stabilisator yang mencegah pergeseran ke depan yang berlebih dari tulang tibia terhadap tulang femur yang stabil, atau mencegah pergeseran ke belakang yang berlebih tulang femur terhadap tulang tibia yang stabil. Setiap cedera yang terjadi pada ACL berpotensi menimbulkan gangguan kestabilan pada sendi lutut.⁽¹⁾ Cedera pada lutut merupakan salah satu masalah pada sistem muskuloskeletal yang banyak dilaporkan pada pelayanan kesehatan primer. Prevalensinya adalah 48 per 1000 pasien tiap tahun. Dari semua kasus cedera lutut yang terjadi, 9% adalah cedera ligamen di mana ACL merupakan cedera ligamen yang paling sering.⁽²⁾ Secara umum, insiden cedera ACL lebih tinggi pada orang yang berpartisipasi dalam olahraga dan kegiatan beresiko tinggi. ACL terjadi karena tarikan atau robekan pada ligamen tersebut di dalam sendi lutut. Ada beberapa faktor penyebab terjadinya cedera ACL seperti mengubah arah dengan cepat, berhenti secara tiba-tiba, melambat ketika berlari, mendarat dari lompatan yang tidak baik, mekanisme contact atau tabrakan. Sebagian cedera lutut berisiko membuat fungsi lutut menjadi tidak sempurna sebelumnya. Salah satu akibatnya, lutut kian melemah untuk menopang tubuh.

Ada 2 cara penanganan ACL yaitu secara operatif (rekonstruksi) dan non-operatif (terapi). Penanganan operasi rekonstruksi pada ruptur ACL harus dilakukan untuk memperbaiki robekan serta mengembalikan stabilitas sendi lutut. Hal ini akan mengakibatkan gangguan stabilitas lutut, sehingga dilakukan rekonstruksi dengan arthroscopy. Penelitian telah menunjukkan bahwa post rekonstruksi ACL dapat memberikan dampak kekakuan pada sendi lutut karena imobilisasi. Operasi rekonstruksi ligamen anterior cruciatum (ACLR) dilakukan untuk memulihkan kekurangan struktural. Bahkan jika stabilitas struktural dipulihkan setelah ACLR, atrofi otot *quadriceps* terlihat pada mereka yang menjalani ACLR.⁽³⁾ Berdasarkan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dan USG, yang merupakan alat untuk mengukur morfologi otot, menunjukkan bahwa volume otot, *cross-sectional area* (CSA), dan ketebalan otot mengalami penurunan.⁽³⁻⁵⁾ Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa individu yang menjalani ACLR menunjukkan atrofi otot *quadriceps* pada tungkai yang terlibat dibandingkan dengan tungkai

yang tidak terlibat.^(3,4,6) Atrofi otot *quadriceps* meningkatkan risiko knee osteoarthritis (KOA) dan pada akhirnya menghasilkan efek yang merugikan seperti menurunkan kualitas hidup seseorang.⁽⁷⁻⁹⁾

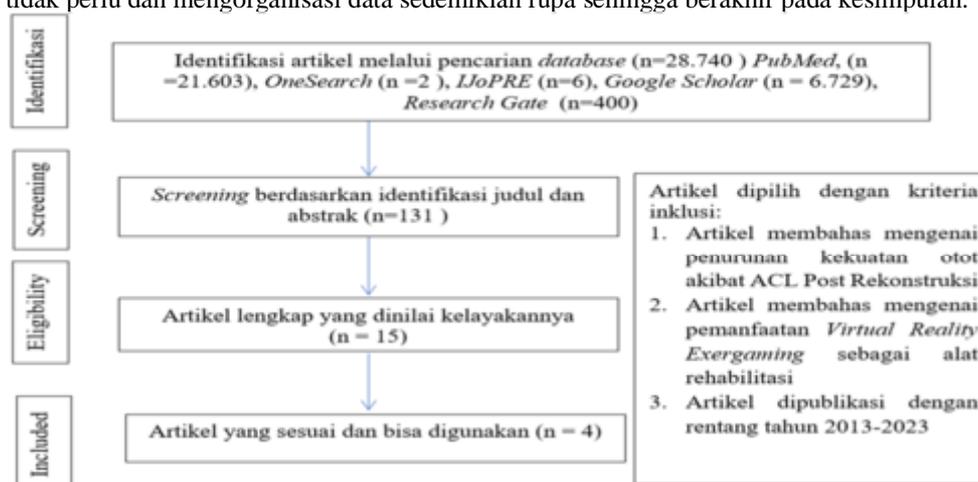
Pasca rekonstruksi membuat penatalaksanaan rehabilitasi sangat diperlukan guna mencegah komplikasi seperti bengkak, defisit ruang lingkup gerak, kelemahan otot, penurunan keseimbangan dan pengembalian kemampuan fungsional.⁽¹⁰⁾ Peran fisioterapi adalah mengurangi masalah kapasitas fisik dan meningkatkan kemampuan fungsional. Intervensi fisioterapi yang digunakan adalah terapi latihan atau *exercise*. Terapi latihan adalah gerakan tubuh, postur, atau aktivitas fisik yang dilakukan secara sistematis dan terencana guna memberikan manfaat baik pasien/klien untuk memperbaiki atau mencegah gangguan, meningkatkan, mengembalikan, atau menambah fungsi fisik, mengoptimalkan kondisi kesehatan, kebugaran, atau kualitas hidup.⁽¹¹⁾

Terapi latihan pada cedera ACL pasca rekonstruksi bertujuan untuk menguatkan kekuatan otot sehingga mencapai stabilitas pada penderita. Salah satu cara terapi latihan untuk menguatkan kekuatan otot sehingga mencapai stabilitas pada lutut yang terkena ACL injury adalah dengan memanfaatkan teknologi VR (*virtual reality*) dalam bentuk *exergaming*. VR merupakan teknologi interaktif yang menghadirkan simulasi lingkungan realistik dan berbagai intervensi inovatif.⁽¹²⁾ Perangkat ini aman digunakan dan bermanfaat dijadikan intervensi fisioterapi.⁽¹³⁾ Aplikasi VR memungkinkan latihan berulang dengan gerakan yang terkontrol.⁽¹⁴⁾

Mengingat belum adanya literatur yang membahas tentang pemanfaatan VR *exergaming* dalam meningkatkan kekuatan otot pada ACL pasca rekonstruksi, maka perlu dilakukan tinjauan literatur untuk mengetahui efektivitas terapi latihan dengan memanfaatkan teknologi VR yang dikemas dengan *exergame* dalam meningkatkan kekuatan otot pada ACL pasca rekonstruksi.

METODE

Metode yang digunakan dalam studi ini ialah studi *literature review*. Literatur didapatkan dari *database* ilmiah antara lain: PubMed, Google Scholar, Onesearch, Research gate dan IJoPRE dengan menggunakan kombinasi dari kata kunci “ACL Post rekonstruksi”, “Virtual reality”, “Exergaming” dan “kekuatan otot”. Proses dan hasil pencarian dan seleksi literatur ditampilkan pada Gambar 1. Setelah dilakukan *review* terhadap jurnal atau artikel terpilih, dilakukan analisis data literatur dengan cara menggolongkan, mengarahkan, mengeliminasi data yang tidak perlu dan mengorganisasi data sedemikian rupa sehingga berakhir pada kesimpulan.



Gambar 1. Diagram alur artikel

HASIL

Penelusuran artikel menggunakan 5 *database* yaitu PubMed, Google Scholar, IJoPRE, Onesearch, dan Research Gate hingga diperoleh 15 artikel sesuai dengan topik, yaitu 9 dari PubMed, 2 dari OneSearch, 1 dari IJoPRE, 1 dari Google Scholar dan 2 dari Research Gate. Dan dari 15 artikel tersebut kemudian disortir kembali dan terpilih 4 artikel yang berkaitan dengan pemanfaatan *exergaming* dalam meningkatkan kekuatan otot pada ACL pasca rekonstruksi untuk digunakan sebagai landasan penelitian dalam dilakukannya *review*.

Tabel 1. Data hasil *review* artikel terpilih

No	Judul	Tujuan	Metode	Hasil dan kesimpulan
1	<i>Virtual reality Based Wii Fit Training in Improving Muscle Strength, Sensory Integration Ability, and Walking Abilities in Patients with Parkinson's Disease.</i> Ying-Yi Liao, Yea-Ru Yang, Yih-Ru Wu, Ray-Yau Wang (2015)	Menguji efek latihan berbasis <i>virtual reality</i> dalam meningkatkan kekuatan otot, kemampuan integrasi sensorik, dan kemampuan berjalan pada penderita parkinson	Sejumlah 36 pasien dengan parkinson dibagi acak menjadi 3 kelompok (n=12 per kelompok). Kelompok pertama diberikan VR <i>Wii Fit exercise</i> (kelompok VR Wii), kelompok kedua diberikan latihan tradisional (kelompok TE) selama 45 menit, dan kedua kelompok diikuti <i>treadmill</i> selama 15 menit, dilakukan selama 12 sesi dalam 6 minggu. Peserta dalam kelompok kontrol tidak menjalani program latihan terstruktur, tetapi menerima edukasi pencegahan jatuh sebagai gantinya. Hasil penelitian termasuk kekuatan otot ekstremitas bawah, kemampuan integrasi sensorik, kecepatan berjalan, panjang langkah, dan penilaian gaya berjalan fungsional. Semua hasil dinilai pada awal, setelah pelatihan, dan pada 1 bulan <i>follow-up</i> .	Kelompok VR Wii dan TE menunjukkan lebih banyak peningkatan dalam kecepatan berjalan, panjang langkah, penilaian gaya berjalan fungsional, kekuatan otot, dan integrasi sistem vestibular dibandingkan dengan kelompok kontrol setelah pelatihan dan pada 1 bulan <i>follow-up</i> . Kemudian kelompok VR Wii, menghasilkan peningkatan yang lebih besar dalam integrasi sistem visual daripada kelompok kontrol. <i>VR Wii Fit exercise</i> sama bermanfaatnya dengan TE dalam meningkatkan kemampuan berjalan, kemampuan integrasi sensorik, dan kekuatan otot pada pasien dengan parkinson, dan peningkatan tersebut bertahan setidaknya selama 1 bulan. Metode ini disarankan untuk diterapkan pada pasien dengan parkinson

No	Judul	Tujuan	Metode	Hasil dan kesimpulan
2	<i>Effectiveness of Exergaming In Improving Functional Balance, Fatigue And Quality of Life in Parkinson's Disease: A Pilot Randomized Controlled Trial</i> Ribas, C. G., Alves da Silva, L., Corrêa, M. R., Teive, H. G., & Valderramas, S. (2017).	Menganalisis efektivitas <i>exergaming</i> dalam meningkatkan keseimbangan fungsional, kelelahan, kapasitas Latihan fungsional dan kualitas hidup penderita Parkinson.	Populasi penelitian terdiri dari 20 pasien (12 laki-laki dan 8 perempuan) berusia 61 ± 9.11 tahun yang dibagi menjadi dua kelompok: kelompok <i>exergaming</i> (EGG) dan Latihan konvensional, atau kelompok kontrol (CG) (n=10). Dengan mengevaluasi variable berikut: keseimbangan fungsional (<i>Berg Scale</i>), kelelahan (<i>fatigue severity scale</i>), kapasitas Latihan fungsional (<i>six-minutes walk test</i>) dan kualitas hidup (<i>PDQ-39 Quality of Life Questionnaire</i>)	RM-ANOV menunjukkan bahwa keseimbangan dan kelelahan berbeda secara signifikan antara titik waktu: keseimbangan [F(1,29, 23.33)=4.16, p=0.043] dan kelelahan [F(2,36)=5.96, p=0.006]. dalam kedua kasus, pengujian <i>post hoc Bonferroni</i> menunjukkan peningkatan setelah 12 minggu Latihan (p=0,033 dan p=0,000, masing-masing). Namun, manfaat ini tidak bertahan setelah 60 hari masa tindak lanjut untuk kedua hasil tersebut. Tidak ada perbedaan dalam kapasitas latihan fungsional atau kualitas hidup antara kedua kelompok setelah 12 minggu. <i>Exergaming</i> meningkatkan keseimbangan dan mengurangi kelelahan pada pasien Parkinson setelah 12 minggu pengobatan, namun manfaat ini tidak bertahan dalam jangka panjang.
3	The effect of 8 weeks <i>virtual reality</i> training on static and dynamic balance and performance in male athletes with functional ankle instability Farhad Ranjbarzadeh Yamchi, Amir Letafatkar, Saeed Esmailpour (2021)	Mengetahui pengaruh dari penggunaan Latihan <i>virtual reality</i> selama 8 minggu mengenai keseimbangan statis dan dinamis serta performa atlet laki-laki dengan <i>ankle instability</i>	30 pemain bola voli, bola basket, sepak bola dan bola tangan berusia antara 18- 25 tahun dipilih secara <i>purposive</i> dari atlet putra liga provinsi Teheran berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kemudian Subyek dibagi secara acak menjadi dua kelompok yang terdiri dari 15 subjek latihan <i>virtual reality</i> dan kelompok kontrol. Setelah program pemanasan 5 menit, keseimbangan dan kinerja statis dan dinamis diukur dengan <i>stork test</i> , <i>y balanced test</i> dan <i>side jump</i> dan <i>triple jump test</i> . Kemudian, kelompok pelatihan menyelesaikan program latihan selama 8 minggu (24 sesi). Terakhir, setelah protokol pelatihan selesai, dilakukan <i>post-test</i> serupa dengan <i>pre-test</i> . Untuk menguji dan menganalisis data, digunakan analisis, uji t berpasangan, dan metode statistik ANCOVA.	Uji t berpasangan dan analisis kovarian menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan seluruh variabel pada post-test dibandingkan dengan pre-test dan juga antara kedua kelompok (P>0,50). Keseimbangan subjek dan kinerja mereka dalam kelompok eksperimen meningkat. Latihan <i>Virtual reality</i> selama 8 minggu secara signifikan meningkatkan keseimbangan dan kinerja laki-laki dengan <i>ankle instability</i> fungsional; oleh karena itu pelatih dan atlet dapat menggunakannya latihan ini untuk meningkatkan keseimbangan dan kinerja pada atlet dengan <i>ankle instability</i> fungsional.
4	Hamstrings and Quadriceps Muscles Function in Subjects with Prior ACL Reconstruction Surgery Jamie L. Faxon, Adeola A. Sanni, and Kevin K. McCully (2018)	Mengukur daya tahan dan kekuatan otot rangka pada orang yang pernah menjalani operasi rekonstruksi lutut anterior cruciate ligamen (ACL)/post rekonstruksi ACL.	Subjek perempuan muda sehat yang melaporkan menjalani operasi rekonstruksi lutut lebih dari satu tahun sebelumnya diuji. Indeks ketahanan otot rangka (EI) otot hamstring dan quadricep adalah ditentukan sebagai penurunan akselerasi otot spesifik sebagai respons terhadap rangsangan listrik 2 Hz, 4 Hz, dan 6 Hz. Kekuatan otot isometrik maksimal (MVC) diukur pada hamstring dan quadricep.	Otot hamstring pada kaki yang cedera memiliki daya tahan yang kurang dibandingkan kaki yang tidak cedera pada stimulasi 6 Hz (55,5 ± 13,2% berbanding 78,0 ± 13,3%, p <0,01). Otot daya tahan otot quadricep pada kaki yang cedera tidak berkurang dibandingkan dengan yang tidak cedera kaki pada stimulasi 6 Hz (78,0 ± 13,3% berbanding 80,3 ± 10,0%, p = 0,45). Tak ada perbedaan MVC antara kaki cedera dan tidak cedera untuk otot hamstring (p = 0,20) atau quadricep (hal = 0,67). Daya tahan otot hamstring turun minimal satu tahun sekali pasca cedera, sementara kekuatan hamstring pulih. Daya tahan otot hamstring bisa berkurang akibat kurangnya latihan ketahanan selama rehabilitasi. Ini menyebabkan cedera ulang di otot, bahkan pada orang yang telah memulihkan kekuatan ototnya.

PEMBAHASAN

ACL merupakan bagian ligamen pada lutut yang mempunyai fungsi utama yaitu sebagai stabilisasi lutut dalam mencegah pergerakan tulang tibia bergeser ke depan dan mengontrol gerakan saat rotasi lutut.⁽¹⁵⁾ Sebagai konsekuensinya, ACL menjadi *ligament* pada lutut yang paling sering mengalami cedera dan menjadi fokus studi dalam beberapa dekade terakhir.⁽¹⁶⁾ Penanganan cedera ACL dapat melalui rekonstruksi dan terapi. Terapi non-operatif dilakukan dengan menggunakan modalitas terapi seperti ultrasound sedangkan terapi operatif dilakukan dengan metode rekonstruksi. Rekonstruksi ACL merupakan prosedur pembedahan dengan mengganti *ligament* ACL menggunakan jaringan tendon (*graft*) untuk mengembalikan stabilitas lutut dan fiksasi pada sendi dengan menggunakan rekonstruksi arthroscopy ACL.⁽¹⁷⁾

Kondisi pasca rekonstruksi ACL menyebabkan adanya masalah komplikatif sehingga terjadi nyeri, oedema, penurunan LGS, dan penurunan kekuatan otot (atrofi otot).⁽¹⁸⁾ Fungsi quadricep penting karena berhubungan dengan stabilitas lutut,⁽¹⁹⁾ performa fungsional,⁽²⁰⁾ fungsi yang dilaporkan sendiri,⁽²¹⁾ kembali berolahraga/beraktivitas sehari-hari,⁽²²⁾ dan risiko cedera ACL sekunder.⁽²³⁾ Pasien ACLR tidak hanya menunjukkan atrofi otot, tetapi juga kinerja fungsional yang lebih rendah dibandingkan dengan sisi yang tidak terpengaruh atau sehat.⁽²⁴⁾ Bila kekuatan otot di sekitar lutut menurun, maka otot-otot tersebut akan kehilangan kontrol dari proprioseptif sehingga timbul ketidakstabilan pada sendi lutut yang menyebabkan beban di sendi lutut menjadi berlebihan. Hal ini akan memberi pengaruh yang buruk pada stabilisasi dinamis sendi lutut. Dalam fungsinya, otot dibantu oleh ligamen untuk meningkatkan kestabilan sendi tubuh.⁽²⁵⁾

Namun, bila terjadi kerusakan pada *ligament* seperti kerusakan ACL menyebabkan gangguan fungsi proprioseptif sendi lutut yang disebabkan oleh berkurangnya mekanoreseptor yang berperan pada masukan sensoris mengenai rasa posisi (terutama pada posisi ekstensi) dan rasa gerakan sendi.⁽²⁵⁾ Proprioseptif merupakan sensasi yang berasal dari dalam tubuh yang terdapat pada sendi, otot dan ligamen. Input proprioseptif menyampaikan informasi ke otak tentang kapan otot berkontraksi atau meregang, bagaimana dan seberapa besar sendi itu bergerak atau mendapatkan tekanan atau tarikan. Melalui informasi ini seseorang dapat mengetahui dan mengenal bagian tubuhnya dan posisi anggota tubuh dan bagaimana bagian tubuh bergerak. Stabilisasi berfungsi

untuk memberikan stimulasi proprioseptif pada sendi, ligamen dan otot sehingga akan merangsang ujung saraf afferent untuk memberikan informasi ke saraf pusat tentang kesadaran posisi sehingga hal ini akan memberikan kontrol tubuh dan stabilisasi pada persendian.⁽²⁶⁾

Fungsi proprioseptif pada stabilisator aktif sendi dan menstabilkan tonus antar otot meningkatkan *recruitment motor unit* yang mengaktivasi golgi tendon dan memperbaiki koordinasi serabut intrafusal dan ektrafusal dengan saraf efferent yang ada di *muscle spindle* sehingga meningkatkan fungsi proprioseptif, maka akan meningkatkan input sensoris yang akan diproses di otak sebagai *central processing*, selanjutnya otak akan meneruskan impuls tersebut ke *effector* agar tubuh mampu menciptakan stabilisasi yang baik saat bergerak.⁽²⁵⁾

Penurunan kekuatan otot pasca rekonstruksi dapat diatasi dengan terapi latihan, salah satunya ialah terapi latihan yang dapat meningkatkan stabilisasi dan meningkatkan kekuatan otot. Terapi latihan adalah salah satu upaya pengobatan dalam fisioterapi yang pelaksanaannya menggunakan latihan-latihan gerak tubuh, baik secara aktif maupun pasif untuk mengatasi gangguan fungsi dan gerak, mencegah timbulnya komplikasi, mengurangi nyeri dan oedema serta melatih aktivitas fungsional akibat operasi.⁽²⁷⁾ *Exercise therapy* juga secara efektif dapat mereduksi nyeri, mencegah atrofi otot dan meningkatkan fungsi motorik pada ekstremitas bawah.⁽²⁸⁾ Terapi latihan di sini berupa *active movement* atau *active exercise* yaitu gerakan yang dilakukan karena adanya kekuatan otot dan anggota tubuh sendiri tanpa bantuan. Tujuan *exercise* adalah: a) memelihara dan meningkatkan kekuatan otot, b) mengurangi bengkak, dan c) mengembalikan koordinasi dan keterampilan motorik untuk aktifitas fungsional.⁽²⁹⁾

Terapi latihan dapat dilakukan menggunakan perangkat VR yang memungkinkan pengguna untuk mendapatkan simulasi atau pengalaman tiga dimensi (3D) yang dihasilkan oleh sistem komputer sehingga menciptakan pengalaman seperti dunia nyata dalam format virtual, salah satunya ialah *exergaming* yang merupakan kombinasi dari *exercise* dan *game*. *Exergames* adalah bentuk latihan yang menyenangkan, menarik, dan interaktif yang telah digunakan dalam rehabilitasi. Teknologi canggih dari terapi VR menjadi sangat baik digunakan dibandingkan dengan perawatan rutin atau terapi konvensional.⁽³⁰⁾

Terapi VR dianggap sebagai intervensi teknologi yang mengubah properti dunia fisik, melalui produksi properti persepsi yang memberikan umpan balik sensorik ekstra kepada subjek yang mengarahkan gerakan mereka dalam lingkungan virtual. Saat ini, permainan VR *exergaming* banyak digunakan dalam rehabilitasi disfungsi keseimbangan sebagai bukti yang melaporkan bahwa teknologi ini dapat meningkatkan keseimbangan, fleksibilitas, dan kekuatan. VR sangat bermanfaat dan menciptakan lingkungan khusus yang menyenangkan yang mengarah pada kepatuhan yang lebih baik, dan memotivasi subjek untuk melakukan program rehabilitasi.⁽³¹⁾

Exergaming melibatkan kemampuan fisik dan kognitif dalam menyelesaikan permainan menantang. Selain itu, *exergaming* dapat meningkatkan keterlibatan pasien dengan aktivitas fisik karena dilakukan secara menyenangkan dan tanpa tekanan.⁽³²⁾ Penerapan *exergaming* pada ACL *injury* menggunakan permainan yang mengharuskan penderita berjalan dan menggerakkan kedua tungkainya. Beberapa di antaranya seperti permainan *nintendo wii fit*, *pump it up*, *zwift game*, *ring fit adventure*, dan *chasing point* yang dilakukan di atas *treadmill*.

Pasca rekonstruksi ACL akan menyebabkan penurunan kekuatan otot, pemberian terapi latihan dengan prinsip mengaktivasi dan mengkontraksikan otot menyebabkan peningkatan kekuatan otot anggota gerak bawah di sekitar area cedera yang sebelumnya melemah. Khususnya pada kelompok otot *quadriceps* yang menyebabkan ketidakstabilan fungsional. Latihan akan mengaktifkan kerja otot dan memperlancar metabolisme sehingga dapat memperlancar aliran darah dengan membawa nutrisi ke seluruh tubuh. Terpenuhi kebutuhan energi pada otot mampu meningkatkan kekuatan otot di sekitar sendi lutut. Hal ini dapat melatih kelompok otot *quadriceps* dan otot di sekitar sendi lutut yang mengalami kelemahan pasca rekonstruksi ACL.⁽³³⁾

Exergaming pada ACL *injury* pasca rekonstruksi seperti *nintendo wii fit*, *pump it up*, *zwift game*, *ring fit adventure*, dan *chasing point* di atas *treadmill* dapat meningkatkan kekuatan otot. Peningkatan kekuatan otot pada permainan ini disebabkan karena penderita harus menggerakkan kedua tungkainya. Misalnya, pada permainan *wii fit exercise* yang mengharuskan pasien berada di atas papan games yang disebut dengan *wii fit balance board* yang melacak perubahan gerakan pasien, di mana avatar atau karakter virtual akan diproyeksikan di layar yang memberikan umpan balik visual atau auditor secara real time. Pada permainan ini pasien akan melakukan gerakan-gerakan *exercise* seperti *squat* dan latihan keseimbangan. Hal ini sejalan dengan pendapat dari Liao *et al.*⁽³⁴⁾ bahwa *wii fit exercise* menunjukkan lebih banyak peningkatan dalam kecepatan berjalan, panjang langkah, penilaian gaya berjalan fungsional, kekuatan otot, dan integrasi sistem vestibular dibandingkan dengan *traditional exercise*.

Permainan *pump it up* dilakukan dengan melangkah sesuai dengan panduan langkah yang ada. Pada permainan ini pasien akan melakukan gerakan-gerakan seperti *step forward*, *step backward*, melompat dengan satu atau kedua kaki. Pada permainan *ring fit adventure game* dilakukan dengan memegang benda berbentuk lingkaran sebagai *grip controller* sembari melakukan gerakan seperti berlari-lari kecil, (*jogging*) dan memutar tubuh ke kiri dan kanan (*standing twist*). Sedangkan *zwift game* ialah permainan yang memvirtualisasikan kegiatan bersepeda yang dikontrol dengan sepeda asli. Sehingga penderita dapat mengayuh pedal selayaknya bersepeda di luar ruangan. Permainan *chasing point* di mana pasien berada di atas *treadmill* dalam kondisi berjalan maupun berlari sembari mengumpulkan poin pada game yang ditampilkan.

Gerakan-gerakan *exercise* yang dilakukan pada saat melakukan permainan tersebut sejalan dengan latihan yang dilakukan pada fase rehabilitasi pasca rekonstruksi, yaitu pada fase ketiga. Fase tiga dapat dimulai ketika tujuan dari fase 2 terpenuhi yang rata-rata akan mulai 6-8 minggu setelah operasi. Dengan target peningkatan *range of motion* (ROM), penguatan fungsional (*squat* dengan mengangkat lutut), *balance*, *core body*, menggunakan sepeda *static* dan latihan olahraga dengan intensitas minimal seperti *jogging*.⁽¹⁰⁾ Latihan yang dilakukan pasca rekonstruksi ialah latihan yang melibatkan kontraksi otot tungkai bawah terutama *hamstring*, *quadriceps* dan *gluteus* sebagai otot penting untuk mengontrol anggota tubuh selama aktivitas dinamis dan kelemahan otot tersebut bisa mengganggu gerakan dan stabilitas penderita ACL. Seperti *gait training*, *sit up*, *mini squat*, *squat*, mengangkat kaki, berjalan, berlari, latihan keseimbangan dan bersepeda *static*.

Squat exercise adalah latihan yang berfungsi untuk penguatan otot, terutama *mm. quadriceps*, *mm. hamstring* dan *gluteus*.⁽³⁵⁾ Ini dapat mengaktifkan kerja otot *quadriceps*. Jika otot *quadriceps* teraktivasi maka

terjadi kontraksi otot sehingga miofibril pada serabut otot meningkat sehingga densitas kapiler pada serabut otot dan juga jumlah protein juga akan bertambah. Karena latihan yang dilakukan tersebut maka akan mengakibatkan otot menjadi lebih terlatih dan menyebabkan otot mengalami pembesaran (*hypertropi*) sehingga dengan terjadinya *hypertropi* maka kekuatan otot pun juga akan meningkat.⁽³⁶⁾ Sepeda statis merupakan salah satu teknologi yang dapat menunjang beberapa model latihan seperti *endurance exercise, speed test, and recovery for injuries*. Penggunaan sepeda statis dalam posisi tegak dapat mengaktifkan otot *quadriceps* lebih banyak.⁽³⁷⁾

Sepeda statis bisa menjadi metode penyembuhan pada rehabilitasi cedera lutut seperti *lateral cruciate ligament (LCL), ACL, posterior cruciate ligament (PCL), medial cruciate ligament (MCL), meniscus, overuse* dan dislokasi bagian lutut.⁽³⁸⁾ Pada saat berjalan maka otot akan berkontraksi akan terjadi proses sintesa protein sehingga menyebabkan bertambahnya filamen aktin dan miosin secara progresif di dalam miofibril. Kemudian miofibril menjadi hipertropi, serat yang mengalami hipertropi akan meningkatkan komponen sistem metabolisme pospagen termasuk ATP dan fospokreatin akibatnya akan terjadi peningkatan kemampuan sistem metabolisme aerob dan anaerob yang mampu meningkatkan energi dan kekuatan otot.⁽³⁹⁾

Penggunaan *exergaming* dapat meningkatkan kekuatan otot sekaligus meningkatkan stabilisasi karena mengharuskan penderita berjalan dan menggerakkan kedua tungkainya. Hal ini sejalan dengan pendapat dari Yamchi⁽⁴⁰⁾ bahwa dengan melakukan *exergaming* menggunakan VR, pasien akan melakukan gerakan yang berulang dan konstan sehingga melatih otot pasien dan pada akhirnya dapat menguatkan otot-otot tersebut. Latihan berbasis VR ini juga dapat meningkatkan keseimbangan dengan meningkatkan efisiensi reseptor sensorik, memfasilitasi reseptor neuromuskular, meningkatkan proprioepsi sendi, kecepatan reaksi, dan memperbaiki koordinasi gerakan pada waktu yang sama. Terapi latihan dalam bentuk *exergaming* tersebut akan mengontraksikan otot *quadriceps*, hamstring dan *gluteus* yang berdampak pada peningkatan kekuatan otot-otot tungkai dan peningkatan stabilitas sehingga berpengaruh terhadap pemulihan kondisi ACL pasca rekonstruksi.

Penggunaan VR tidak hanya berdampak terhadap peningkatan kekuatan otot, melainkan dapat meningkatkan meningkatkan ketertarikan, motivasi dan kesenangan terhadap latihan pada pasien. Ini merupakan faktor peningkatan kepuasan pasien.⁽⁴¹⁾ Selain itu, aplikasi latihan berbasis VR memungkinkan partisipan melakukan latihan berulang dengan gerakan yang terkontrol.⁽¹⁴⁾ Ini berbeda dengan latihan konvensional dengan kelemahan seperti kebosanan bagi sebagian orang dan tak dapat membangkitkan minat pasien.⁽⁴²⁾ Latihan berbasis VR dapat meningkatkan keseimbangan dengan meningkatkan efisiensi reseptor sensorik, memfasilitasi reseptor neuromuskular, meningkatkan proprioepsi sendi, kecepatan reaksi, dan memperbaiki koordinasi gerakan bersamaan.⁽⁴⁰⁾

Penerapan *exergaming* pada pasca rekonstruksi ACL ini berkaitan dengan dual *task training*, yang dalam hal ini *dual task training* merupakan latihan keseimbangan yang ditujukan untuk meningkatkan kontrol keseimbangan dengan mengembangkan integrasi kompleks antara sistem sensoris (visual, vestibular, somatosensori) dan motorik dengan regulasi oleh sistem saraf pusat dalam menjaga keseimbangan kerja sendi ketika tubuh bergerak.⁽⁴³⁾ Sehingga, ketika melakukan *exergame*, pasien secara tidak langsung menerapkan *dual task training*, yakni pasien dapat melakukan *exercise* dan bermain *game* dalam waktu bersamaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi dapat disimpulkan bahwa *virtual reality exergaming* merupakan intervensi yang efektif untuk meningkatkan kekuatan otot pasca rekonstruksi *Anterior Cruciate Ligament*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Zein MI. Cedera anterior cruciate ligament (ACL) pada atlet berusia muda. *Medikora*. 2013;11(2):111-121.
2. Lungo. Double boundle arthroscopic reconstructions of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg*. 2008;8(2):12-18.
3. Thomas AC, Wojtys EM, Brandon C, Palmieri-Smith RM. Muscle atrophy contributes to quadriceps weakness after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2016 Jan;19(1):7-11.
4. Lee JH, Cheon S, Jun HP, Huang YL, Chang E. Bilateral comparisons of quadriceps thickness after anterior cruciate ligament reconstruction. *Medicina*. 2020 Jul 3;56(7):335.
5. Kuenze CM, Blemker SS, Hart JM. Quadriceps function relates to muscle size following ACL reconstruction. *Journal of Orthopaedic Research*. 2016 Jan 27;34(9):1656-62.
6. Filbay SR, Ackerman IN, Russell TG, Macri EM, Crossley KM. Health-related quality of life after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*. 2013 Dec 6;42(5):1247-55.
7. Palmieri-Smith RM, Thomas AC. A neuromuscular mechanism of posttraumatic osteoarthritis associated with acl injury. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2009 Jul;37(3):147-53.
8. Tourville TW, Jarrell KM, Naud S, Slauterbeck JR, Johnson RJ, Beynnon BD. Relationship between isokinetic strength and tibiofemoral joint space width changes after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*. 2013 Nov 25;42(2):302-11.
9. Filbay SR, Ackerman IN, Russell TG, Crossley KM. Return to sport matters-longer-term quality of life after ACL reconstruction in people with knee difficulties. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2016 May 11;27(5):514-24
10. Santoso I. Penatalaksanaan fisioterapi pada post op rekonstruksi anterior cruciatum ligament sinistra grade III akibat rupture di RSPAD Gatot Soebroto. *Jurnal Vokasi Indonesia*, 2018;6(1):66-80.
11. Dhuhairi MS. Penatalaksanaan fisioterapi pada cedera ACL dengan latihan penguatan. Surabaya: UNAIR; 2019.
12. Shousha TM, Abo-zaid NA, Hamada H, Abdelhamid Abdelsamee MY, Behiry MA. Virtual reality versus Biodex training in adolescents with chronic ankle instability: a randomized controlled trial. *Archives of Medical Science*. 2021;8(2):8-12.
13. Wardini. Using a virtual game system to innovate pulmonary rehabilitation: safety, adherence and enjoyment in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Canadian Respiratory Journal: Journal of the Canadian Thoracic Society*, 2013;20(5):357.

14. Kim KJ, Heo M. Effects of virtual reality programs on balance in functional ankle instability. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27(10):3097.
15. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture: Best practice and research: *Clinical Rheumatology*. 2019;33(1):33-47.
16. Abulhasan J, Gray M. Anatomy and physiology of knee stability. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2017;34(2):42-48.
17. Maralisa AD, Lesmana SI. Penatalaksanaan fisioterapi rekonstruksi ACL knee dextra hamstring graft. *Indonesian Journal of Physiotherapy Research and Education*. 2020;1(1):4-17.
18. Thomas AC, Wojtys EM, Brandon C, Palmieri-Smith RM. Muscle atrophy contributes to quadriceps weakness after ACL reconstruction. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2019;19(1):7-11.
19. Maralisa AD. Perbedaan pengaruh eccentric quadriceps exercise dan knee extension resistance band *exercise* pada bosu ball knee exercise terhadap peningkatan stabilisasi dinamis pada kasus tendinitis patellaris. Jakarta: Universitas Esa Unggul; 2018.
20. Segal NA, Glass NA. Is quadriceps muscle weakness a risk factor for incident or progressive knee osteoarthritis? *The Physician and Sportsmedicine*. 2011 Nov;39(4):44-50.
21. Palmieri-Smith RM, Lepley LK. Quadriceps strength asymmetry after anterior cruciate ligament reconstruction alters knee joint biomechanics and functional performance at time of return to activity. *The American Journal of Sports Medicine*. 2015 Apr 16;43(7):1662-9.
22. Garcia SA, Moffit TJ, Vakula MN, Holmes SC, Montgomery MM, Pamukoff DN. Quadriceps muscle size, quality, and strength and self-reported function in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Athletic Training*. 2020 Mar 1;55(3):246-54.
23. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *The American Journal of Sports Medicine*. 2010;39(3):538-543.
24. Grindem H, Snyder-Mackler L, Moksnes H, Engebretsen L, Risberg MA. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *British Journal of Sports Medicine*. 2016;50(13):804-8.
25. Evangelidis PE, Massey GJ, Pain MTG, Folland JP. Strength and size relationships of the quadriceps and hamstrings with special reference to reciprocal muscle balance. *European Journal of Applied Physiology*. 2015;116(3):593-600.
26. William GN. Physical therapy, dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientist. *Journal of Orthopaedic & Sport*. 2001;8(2):32-38.
27. Damping HH. Pengaruh penatalaksanaan terapi latihan terhadap kepuasan pasien fraktur di IRINA A BLU RSUP Prof. R.D. Kandou Manado. *Juiperdo*. 2012;1(1):24-28.
28. Huang L, Guo B, Xu F, Zhao J. Effects of quadriceps functional *exercise* with isometric contraction in the treatment of knee osteoarthritis. *International Journal of Rheumatic Diseases*. 2018;21(5):952-959.
29. Kisner C, Colby LA. *Therapeutic exercise foundation and techniques*. Philadelphia: Davis Company; 2016.
30. Ribas CG, Alves da Silva L, Corrêa MR, Teive HG, Valderramas S. Effectiveness of exergaming in improving functional balance, fatigue and quality of life in parkinson's disease: a pilot randomized controlled trial. *Parkinsonism and Related Disorders*. 2020;38:13-18.
31. Faxon JL, Sanni AA, McCully KK. Hamstrings and quadriceps muscles function in subjects with prior acl reconstruction surgery. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2018;3(4).
32. Sílvia FC, Bruno M, Augusto GJ, Célia S. Exergames to improve rehabilitation for anterior cruciate ligament injury: systematic review and GRADE evidence synthesis. *International Journal of Orthopaedic and Trauma Nursing*. 2021 Nov;8(2):100917.
33. Ahmed MM, Zaino MR, Amin W, Tohari S. Influence of virtual reality games on knee proprioception after anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR). *Case Medical Research*. 2019 Apr 3;11(1):2-8.
34. Liao YY, Yang YR, Wu YR, Wang RY. Virtual reality based wii fit training in improving muscle strength, sensory integration ability, and walking abilities in patients with parkinson's disease: a randomized control trial. *Report*. 2015;8(2):42-48.
35. Willson JD, Ireland ML, Davis I. Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Medicine & Science in Sports & Exercises*. 2016;8(2):32-38.
36. Wasisto HB, Laksono B, Kumaidah E. Perbandingan kekuatan otot tungkai pada atlet usia remaja cabang olahraga taekwondo nomor poomsae dan kyorugi di Kota Semarang. Semarang: UNDIP; 2017.
37. Prasetya A, Roepajadi J. Pengaruh latihan sepeda statis dalam penanganan pasca cedera lutut pada atlet sepakbola. *Jurnal Kesehatan Olahraga*, 2022;10(4):13-18.
38. Prasetya A, Roepajadi J. Pengaruh latihan sepeda statis dalam penanganan pasca cedera lutut pada atlet sepakbola. *Jurnal Kesehatan Olahraga*. 2022 Dec;10(04):13-8.
39. Mulyanto F, Wahyuni W, Anwar T, Rahman F. Efek balance exercise terhadap kemampuan keseimbangan lansia post stroke non-hemoragic: case report. *Jurnal Kesehatan dan Fisioterapi*. 2022 Apr 4:19-25.
40. Yamchi RF, Letafatkar A, Esmaeilpour S. The effect of 8 weeks virtual reality training on static and dynamic balance and performance in male athletes with functional ankle instability. *Physical Treatments - Specific Physical Therapy Journal*. 2021;11(1):45-54.
41. Blasco J, Igual-Camacho C, Blasco M, Antón-Antón V, Ortiz-Llueca Ivaro, Roig-Casasús S. The efficacy of virtual reality tools for total knee replacement rehabilitation: a systematic review. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2019;37(6):682-92.
42. Vernadakis N, Gioftsidou A, Antoniou P, Ioannidis D, Giannousi M. The impact of nintendo wii to physical education students' balance compared to the traditional approaches. *Computers; Education*. 2012;59(2):196-205.
43. Hofheinz M, Mibs M, Elsner B. Dual task training for improving balance and gait in people with stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016; doi:10.1002/14651858.cd012403.