

## LITERATURE REVIEW: PENGARUH *ECCENTRIC EXERCISE* TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN OTOT *QUADRICEPS* PADA CEDERA *ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT (ACL)*

### *Literature Review: The Effect of Eccentric Exercise on Increasing Quadriceps Muscle Strength in Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injuries*

Afrizal Fauziansyah<sup>1\*</sup>  
M. Furqon Hidayatullah<sup>2</sup>  
Siswandari<sup>2</sup>  
Slamet Riyadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ilmu Keolahragaan, Universitas  
Sebelas Maret, Surakarta, Jawa  
Tengah

<sup>2</sup>Departemen Ilmu  
Keolahragaan, Program Pasca  
Sarjana Universitas Sebelas  
Maret, Surakarta, Jawa Tengah

\*email: afrizalf9@gmail.com

#### Abstrak

*Eccentric exercise* diduga dapat meningkatkan kekuatan otot *quadriceps*, namun belum ada tinjauan sistematis yang menganalisis tentang pengaruh *eccentric exercise* terhadap peningkatan kekuatan otot *quadriceps* pada cedera ACL. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas *eccentric exercise* dibandingkan intervensi lain dalam meningkatkan kekuatan otot *quadriceps* pada cedera ACL. Metode penelitian yang digunakan kali ini adalah tinjauan pustaka sesuai dengan pedoman PRISMA 2020. Pencarian sistematis dilakukan dengan menggunakan database Scopus, Science Direct, dan MDPI. Terdapat bukti yang konsisten 6 dari 10 artikel penelitian menunjukkan bahwa *eccentric exercise* efektif dalam meningkatkan kekuatan otot *quadriceps* pada cedera ACL dibandingkan dengan intervensi lain; 1 dari 10 artikel menunjukkan *eccentric exercise* efektif dalam meningkatkan kekuatan otot *quadriceps* tanpa intervensi pembanding; 3 dari 10 artikel memaparkan *eccentric exercise* secara signifikan meningkatkan kekuatan otot *quadriceps*, namun tidak ada perbedaan signifikan dengan intervensi lain. Hasil penelitian mendukung hipotesis bahwa *eccentric exercise* merupakan metode yang efektif untuk meningkatkan kekuatan otot *quadriceps* pada cedera ACL dibandingkan dengan intervensi lain. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membandingkan protokol *eccentric exercise* yang paling efektif dalam meningkatkan kekuatan otot *quadriceps* serta efek jangka panjang yang terjadi dalam penggunaannya.

#### Kata Kunci:

Kekuatan otot *quadriceps*  
Latihan  
Ligamen lutut anterior

#### Keywords:

*Quadriceps Muscle Strength*  
*Exercise*  
*Anterior Cruciate Ligament*

#### Abstract

*Eccentric training is thought to increase quadriceps muscle strength, but there has been no systematic review analyzing the effect of eccentric training on increasing quadriceps muscle strength in ACL injuries. The aim of this study was to determine the effectiveness of eccentric training compared to other interventions in increasing quadriceps muscle strength in ACL injuries. The research method used this time was a literature review in accordance with the PRISMA 2020 guidelines. A systematic search was carried out using the Scopus, Science Direct and MDPI databases. The research results show consistent evidence that 6 out of 10 research articles show that eccentric training is effective in increasing quadriceps muscle strength in ACL injuries compared to other interventions; 1 in 10 articles showed that eccentric training was effective in increasing quadriceps muscle strength without similar intervention; 3 out of 10 articles explained that eccentric training significantly increased quadriceps muscle strength, but there was no significant difference with other interventions. This study supports the hypothesis that eccentric training is an effective method for increasing quadriceps muscle strength in ACL injuries compared to other interventions. Further research is needed to compare the most effective eccentric training protocols in increasing quadriceps muscle strength and the long-term effects that occur from their use.*



© 2024, Fauziansyah et al. Published by Penerbit Forind. This is Open Access article under the CC-BY-SA License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>). <http://assyifa.forindpress.com/index.php/assyifa/index>

Submitted: 17-05-2024

Accepted: 25-05-2024

Published: 31-05-2024

## PENDAHULUAN

Anterior Cruciate Ligament (ACL) adalah salah satu dari empat ligamen lutut yang berfungsi menjaga stabilitas sendi lutut. Ligamen ini berfungsi sebagai stabilisator yang mencegah adanya pergeseran ke depan yang berlebihan dari

tulang tibia terhadap tulang femur yang stabil, atau mencegah adanya pergeseran ke belakang yang berlebihan dari tulang femur terhadap tulang tibia yang stabil (Ikhwan Zein, 2015). ACL termasuk salah satu ligamen yang paling sering mengalami cedera terutama pada atlet.

Angka kejadian cedera ACL sekitar 30-78 kasus dalam 100.000 orang (Priono et al., 2018). Menurut World Health Organization (WHO) pada tahun 2019, diperkirakan sebanyak 200.000 insiden cedera cruciate ligament terjadi setiap tahunnya. Sekitar 70% diantaranya terjadi karena adanya mekanisme non kontak saat bermain olahraga kelincahan seperti basket, sepak bola, dan ski, sedangkan 30 % sisanya terjadi karena mekanisme kontak secara langsung. Dari semua insiden cedera cruciate ligament, hampir setengah dari jumlah keseluruhan angka kejadian merupakan insiden robeknya ligamen ACL (Kochhal et al., 2019).

Priono et al. (2019) menjelaskan bahwa terjadinya cedera pada ACL dapat disebabkan oleh adanya mekanisme trauma dengan posisi lutut rotasi, hiperekstensi (non-pivoting injury) atau karena kontraksi otot quadriceps femoris yang terjadi secara tiba-tiba. Adanya cedera pada ACL dapat mengakibatkan ketidakstabilan lutut dan mengakibatkan perubahan fungsi lutut yang akan mempengaruhi aktifitas sehari-hari (Herman & Komalasari, 2022). Bagi seseorang ataupun atlet yang mengalami cedera ACL, ada dua metode untuk mengobati cedera yaitu metode operatif dan metode non-operatif. Memanfaatkan modalitas terapi seperti ultrasound dan diatermy, penggunaan brace pada lutut, dan program penguatan otot digunakan dalam terapi non-operatif, sedangkan teknik rekonstruksi digunakan dalam terapi operatif. Rekonstruksi merupakan metode operatif untuk mengganti ligamen ACL menggunakan bahan yang lain (graft). Umumnya

graft tersebut diambil dari tendon hamstring atau tendon patella pasien itu sendiri sehingga disebut autograft (Ikhwan Zein, 2015). Rekonstruksi (operatif) menjadi salah satu pilihan utama penanganan cedera ACL dibandingkan dengan tindakan penjahitan ulang pada ligamen ACL yang putus atau robek, dikarenakan penjahitan ulang seringkali mengalami kegagalan. Hal ini terjadi karena ligamen ACL tidak mempunyai fibrin sehingga pada setiap robekan yang terjadi tidak dapat mengalami penyembuhan sendiri.

Salah satu permasalahan yang muncul dalam proses rehabilitasi cedera ACL yaitu waktu yang dibutuhkan untuk rehabilitasi cedera yang panjang, dimana rata-rata waktu yang dibutuhkan yakni sekitar 9-12 bulan (Grindem et al., 2016). Pemulihan yang membutuhkan waktu cukup lama pada cedera ACL non-operatif maupun pasca rekonstruksi mengakibatkan penurunan massa dan kekuatan otot, terutama otot quadriceps (Iversen et al., 2016). Begitu juga hasil penelitian Yang et al. (2019) menjelaskan bahwa pada pasien pasca rekontruksi ACL menunjukkan adanya atrofi dan menurunnya kekuatan otot quadriceps yang persisten. Penurunan kekuatan otot quadriceps dan menurunnya massa otot dapat berdampak negatif pada performa atlet begitu juga pada aktivitas kehidupan sehari-hari. Oleh sebab itu, diperlukan metode yang cepat dengan hasil baik agar problematika yang ada pada pasien segera terselesaikan. Salah satunya yaitu penggunaan eccentric exercise.

Eccentric exercise adalah bentuk dari latihan

pembebanan otot secara dinamik dimana ketegangan akan terbentuk dan menyebabkan pemanjangan otot secara fisik, dalam usahanya mengontrol suatu beban, seperti saat anggota gerak menurunkan beban. Eccentric exercise dilakukan diatas papan menurun dengan posisi 25 derajat fleksi lutut (Rudavsky, 2014). Latihan ini bertujuan untuk memaksimalkan ketegangan otot pada saat otot berkontraksi dimana origo dan insersio berjauhan atau pada saat otot lebih panjang, memfasilitasi kebutuhan jaringan akan oksigen dan nutrisi. Selain itu, latihan ini meningkatkan kekuatan otot. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Harput et al., 2018; Kasmi et al., 2023; Vidmar et al., 2020) menemukan bahwa eccentric exercise efektif dalam meningkatkan kekuatan otot quadriceps pada pasien pasca rekontruksi ACL, sedangkan hasil penelitian Zhang et.al (2020) menemukan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan pemberitan eccentric exercise dengan kombinasi suplemen protein terhadap peningkatan kekuatan otot quadriceps dan otot hamstring pada pasien pasca rekontruksi ACL.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Harput et.al (2019), Kasmi et.al (2021), Vidmar et.al (2019) dan Haribabu et.al (2014) menemukan bahwa eccentric exercise efektif dalam meningkatkan kekuatan otot quadriceps pada pasien pasca rekontruksi ACL. Meskipun sama-sama berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan otot quadriceps pada pasien pasca rekontruksi ACL. Namun belum diketahui lebih lanjut manakah diantara keduanya yang lebih efektif. Oleh sebab itu, peneliti tertarik untuk

mengetahui lebih lanjut mengenai pengaruh eccentric exercise terhadap peningkatan otot quadriceps pada cedera ACL.

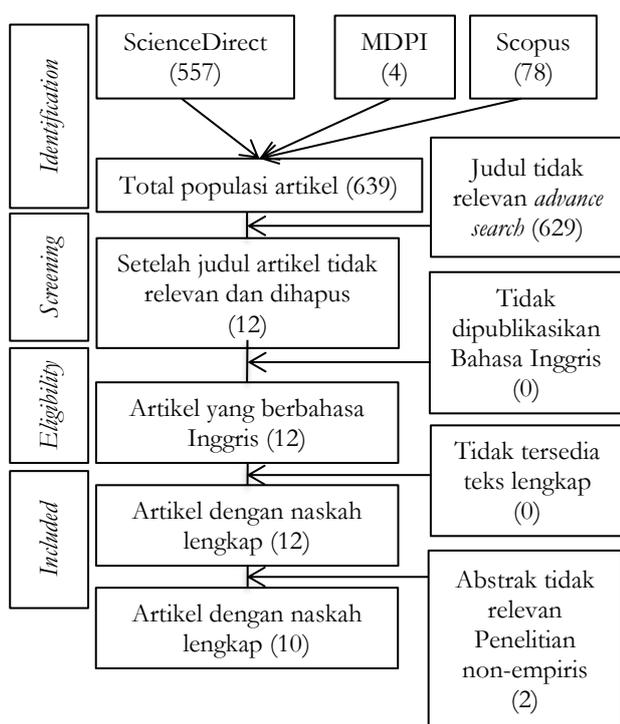
Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas eccentric exercise dibandingkan intervensi lain dalam meningkatkan kekuatan otot quadriceps pada cedera ACL. Sehingga kebaruan dalam penelitian ini adalah eccentric exercise menggunakan literature review dalam penemuan penelitian, sebab temuan sebelumnya membahas tentang rekontruksi ACL setelah eccentric exercise. Variabel ini juga belum pernah ada yang menggunakan sebagai bahan penelitian sehingga nantinya akan menghasilkan temuan baru. Dengan demikian, kebaruan dalam penelitian ini nantinya memperlihatkan kombinasi dengan plyometric yang mampu meningkatkan kekuatan otot quadriceps yang lebih banyak jika dibandingkan dengan hanya menggunakan eccentric exercise saja.

## **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan pada research ini ialah penelitian kepustakaan dengan jenis literature review sesuai dengan pedoman PRISMA 2020. Pencarian sistematis dilakukan dengan menggunakan database Scopus, Science Direct, dan MDPI. Studi dengan setidaknya satu kelompok menerima latihan eccentric untuk cedera ACL. Jurnal yang digunakan ditelaah sesuai kriteria inklusi dan eksklusi yang ditetapkan oleh penulis. Kriteria inklusi dari literature review ini adalah Jurnal atau artikel penelitian internasional yang berkaitan dengan pengaruh penambahan program blood flow

restriction (BFR) training dan eccentric exercise pada cedera ACL, jurnal atau artikel penelitian dengan jenis eksperimen, artikel penelitian dipublikasikan tahun 2015 hingga 2023, artikel penelitian yang dapat diakses secara penuh (full text), artikel penelitian yang mengandung PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome), jurnal atau artikel penelitian internasional yang termasuk dalam Quartile 1 (Q1) sampai dengan Quartile 4 (Q4). Selain menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi, prosedur skrinning data dari total populasi 872 akan menggunakan Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses (PRISMA).

Aliran informasi dari prisma dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Proses Skrinning Artikel

mengetahui pengaruh eccentric exercise terhadap peningkatan kekuatan otot quadriceps pada cedera ACL. Sistem research yang digunakan adalah penelitian kepustakaan dengan menggunakan literature review untuk memperoleh hasil berupa pengaruh eccentric exercise terhadap peningkatan kekuatan otot quadriceps pada cedera ACL. Setelah melakukan pencarian di beberapa database dengan menggunakan kombinasi keyword yang berhubungan dengan research yang telah ditentukan, diperoleh ScienceDirect sebesar 557 artikel, MDPI sebanyak 4 artikel, Scopus sebanyak 78 artikel. Setelah melakukan proses screening, eligibility, dan included, diperoleh sampel artikel sebesar 10 artikel. Setelah itu dilakukan peninjauan terhadap artikel dengan menggunakan standar Quartile, kemudian akan digunakan PEDro Scale untuk melakukan penilaian setiap artikel yang digunakan

Tabel 1. Checklist PEDro

Penulis	Skala PEDro	Quartile
Friedmann-Bette et al., 2018	6/11	1
Harput et al., 2018	8/11	3
Henderson et al., 2022	4/11	2
Kasmi et al., 2023	6/11	1
Kinikli et al., 2014	6/11	1
Lepley et al., 2015	5/11	2
Milandri & Sivarasu, 2021	7/11	2
Stojanović et al., 2023	6/11	2
Vidmar et al., 2020	9/11	1
Zhang et al., 2020	5/11	1

Setelah menemukan beberapa artikel dan sesuai dengan Q1 hingga Q4 dan telah melalui proses

penilaian melalui pedro scale, selanjutnya akan dijabarkan PICO dari setiap artikel yang digunakan.

Standar PICO merupakan poin dalam kriteria inklusi pada studi ini, digunakan untuk menentukan artikel yang tepat dan relevan yang digunakan sebagai landasan pada studi ini. Standar PICO memastikan bahwa studi yang dicari sesuai dengan pernyataan klinis. Standar PICO terdiri dari beberapa poin yakni: population atau problem yang dianalisis sesuai dengan tema yang telah ditentukan dalam melakukan penelitian literature review, I: intervention merupakan pemberian suatu tindakan dari problem yang sesuai dengan tema yang dibahas pada penelitian literature review, C:

comparison merupakan suatu tindakan yang digunakan sebagai pembanding dari intervention, biasanya dibagi kelompok pada design study dari artikel, dan O: outcome adalah hasil akhir atau luaran yang telah didapatkan pada suatu research yang sesuai dengan tema penelitian yang diangkat (Wibowo & Putri, 2021) Standar PICO sangat berperan dalam menentukan artikel yang digunakan sebagai landasan pada research ini. Pada 10 artikel yang digunakan sebagai landasan pada penelitian ini, populasi yang digunakan memiliki kondisi kelemahan kekuatan otot quadriceps pada cedera ACL, sedangkan untuk intervensi yang diberikan pada artikel tersebut menggunakan eccentric exercise

Tabel 2. Standar PICO

No	Penulis	Population	Intervention	Comparison	Outcome
1	Friedmann-Bette et al., 2018	68 recreational athletes (55 pria, 13 wanita) pasca rekonstruksi ACL.	Conventional concentric/eccentric (CON/ECC) leg-press training	Leg-press training with eccentric overload (CON/ECC+)	CON/ECC+ menyebabkan hipertrofi otot quadriceps dibandingkan CON/ECC.
2	Harput et al., 2018	48 pasien pasca rekonstruksi ACL. Usia rata-rata 29,5 tahun.	Concentric CE Eccentric CE	Control group	Penguatan otot quadriceps dengan concentric dan eccentric pada anggota tubuh yang sehat fase awal rehabilitasi ACL meningkatkan pemulihan kekuatan otot quadriceps pasca operasi pada anggota tubuh yang dcedera.
3	Henderson et al., 2022	11 atlet pasca rekonstruksi ACL	Flywheel training	-	Satu set DKFF Training Bulgarian split squat hingga kelelahan dapat memperbaiki defisit paha depan pada atlet terlatih

					dengan rekonstruksi ACL, khususnya mereka yang memiliki produksi kekuatan paha depan yang relatif rendah.
4	Kasmi et al., 2023	40 atlet pria pasca cedera ACL	Pelatihan eksentrik (ECC), pelatihan plyometric (PLYO), atau pelatihan gabungan eksentrik dan plyometric (COMB).	Kelompok kontrol (CON) program rehabilitasi tradisional	COMB lebih efektif dibandingkan PLYO dan ECC dalam meningkatkan kekuatan otot fleksor dan otot ekstensor lutut pada atlet elit putra pada masa rehabilitasi pasca cedera ACL.
5	Kinikli et al., 2014	33 pasien (31 laki-laki dan 2 perempuan) pasca rekonstruksi ACL usia 18-44 tahun	Program rehabilitasi ACL standar + <i>progressive eccentric and concentric training</i> dengan <i>Monitored Functional Squat System</i> (MFSS).	Program rehabilitasi ACL standar	Penambahan <i>progressive eccentric and concentric training</i> meningkatkan nilai fungsional pada pasien pasca cedera ACL.
6	Lepley et al., 2015	36 orang pasca cedera ACL	1. NMES dan <i>Eccentric</i> (N&E) 2. <i>Eccentric</i> (E- <i>only</i> ) 3. NMES (N- <i>only</i> ) 4. STND, standar perawatan.	Kelompok kontrol	Latihan eksentrik mampu memulihkan tingkat aktivasi dan kekuatan paha depan yang serupa dengan orang dewasa sehat dan lebih baik dibandingkan NMES saja
7	Milandri & Sivarasu, 2021	26 pasien pria pasca rekonstruksi ACL dalam kurun waktu 10-16 minggu, usia 18 - 40 tahun	<i>Eccentric training group</i> (ECC)	<i>Concentric control group</i> (CON)	Terdapat peningkatan kekuatan otot <i>quadriceps</i> pada kedua kelompok
8	Stojanović et al., 2023	22 subjek (usia 19,9 ± 4,4 tahun)	<i>Eccentric-oriented training</i>	<i>Traditional strength training</i>	Didapatkan hasil yang lebih baik daripada latihan kekuatan

					tradisional dalam kekuatan kaki, kemampuan lompat vertikal, dan tes lompatan tunggal dan tripel dengan cedera.
9	Vidmar et al., 2020	30 atlet rekreasional pria pasca rekonstruksi ACL, (usia rata-rata 27 tahun).	<i>Isokinetic eccentric</i> (IG)	Konvensional (CG)	Pelatihan eksentrik isokinetik memberikan respon yang lebih besar dibandingkan pelatihan eksentrik konvensional terhadap massa dan kekuatan otot paha depan atlet rekreasional setelah rekonstruksi ACL.
10	Zhang et al., 2020	37 pria dengan ruptur ligamen anterior (ACL) berusia 18-40 tahun	<i>Isokinetic Eccentric Training</i> (IET)	<i>Isokinetic Eccentric Training</i> + Whey Protein Isolate (IET+WPI)	Massa paha depan meningkat secara signifikan hanya pada kelompok IET+WPI. Kedua kelompok menunjukkan peningkatan kekuatan otot <i>quadriceps</i> . Skor fungsi lutut meningkat pada kedua kelompok

Selanjutnya akan dijabarkan terkait dengan seluruh jenis intervensi yang digunakan dan hasil dari penelitian tersebut yang membahas tentang eccentric exercise. Berikut table 3 akan

dilampirkan secara rinci terkait dengan intervensi dan hasil penelitian dari semua artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi dari penelitian ini.

Tabel 3. Intervensi dan hasil penelitian

No	Penulis	Intervensi	Hasil
1	Friedmann-Bette et al., 2018	1. <i>Eccentric overload</i> (CON/ECC+), 2x/minggu selama 12 minggu. 2. <i>Conventional concentric/eccentric</i> (CON/ECC), 2x/minggu selama 12 minggu.	CON/ECC+ secara signifikan dapat meningkatkan massa dan kekuatan otot <i>quadriceps</i> dibandingkan CON/ECC.
2	Stojanović et al., 2023	1. <i>Eccentric-oriented training</i> , selama 6 minggu, 2x-3x/minggu, total 15 sesi dengan perangkat isoinersial.	Kelompok ECC mengalami peningkatan sebesar 28,1% vs. 15,1% pada kelompok CON untuk ISOSU, sedangkan untuk ISOSI,

		2. <i>Traditional strength training</i> , selama 6 minggu, 2x-3x/minggu, total 15 sesi, dengan modalitas latihan kekuatan isotonik tradisional dengan beban bebas	peningkatannya masing-masing sebesar 27,1% dan 18,1% untuk kelompok ECC dan CON.
3	Harput et al., 2018	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Concentric CE</i> + rehabilitasi standar, selama 8 minggu antara minggu ke 4 dan minggu ke 12, menjalani pelatihan isokinetik pada lutut sisi sehat 3set x12rep pada 60°/s antara 10° hingga 90° fleksi.</li> <li>2. <i>Eccentric CE</i> + rehabilitasi standar, selama 8 minggu antara minggu ke 4 dan minggu ke 12, menjalani pelatihan isokinetik pada lutut sisi sehat 3set x12rep pada 60°/s antara 10° hingga 90° fleksi.</li> <li>3. Kelompok kontrol (rehabilitasi standar).</li> </ol>	<p><i>Concentric CE</i> dan <i>Eccentric CE</i> dapat meningkatkan kekuatan otot <i>quadriceps</i> pasca cedera ACL secara signifikan (<math>p &lt; 0.05</math>) dibandingkan dengan kelompok kontrol selama minggu ke-12 dan ke-24 pasca rekonstruksi.</p> <p>Peningkatan kekuatan dilaporkan sebesar 28% dan 31% pada kelompok <i>Concentric CE</i> dan <i>Eccentric CE</i> bila dibandingkan dengan kelompok kontrol.</p>
4	Henderson et al., 2022	Satu set <i>flywheel Bulgarian split squat</i> hingga kelelahan dengan ekstensi lutut maksimum 60°, selama 16 sesi, pada tungkai yang direkonstruksi.	Kekuatan <i>quadriceps</i> pada tungkai yang direkonstruksi RFD 0–50 ms ( $p = 0,04$ ; Cohen's $d = 0,8$ ) dan RFD 0–150 ms ( $p = 0,03$ ; $d = 0,9$ ) meningkat setelah pelatihan, Satu set flywheel Bulgarian split squat hingga kelelahan dengan ekstensi lutut maksimum 60° dapat memperbaiki defisit quadriceps pada atlet terlatih pasca rekonstruksi ACL.
5	Kasmi et al., 2023	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kelompok intervensi: <i>Eccentric training</i> (ECC), <i>Plyometric training</i> (PLYO), <i>Combined eccentric and plyometric training</i> (COMB) latihan dimulai 14 minggu pasca operasi, 60 menit/sesi, total 12 sesi selain program tradisional, periode intervensi selama 6 minggu.</li> <li>2. <i>Control group</i> (CON), latihan program tradisional dengan dosis sama seperti kelompok intervensi.</li> </ol>	COMB lebih efektif dibandingkan PLYO dan ECC ( $p < 0.001$ ) dalam meningkatkan kekuatan isokinetik otot fleksor dan ekstensor lutut pada atlet elit putra pasca rekonstruksi ACL.
6	Kinikli et al., 2014	1. Rehabilitasi ACL standar + <i>progressive eccentric and concentric training</i> dimulai 3 minggu setelah cedera dan dilakukan selama 12 minggu menggunakan	Peningkatan secara signifikan pada hasil fungsional kelompok rehabilitasi ACL standar dengan penambahan <i>progressive eccentric and concentric training</i> .

		<i>Monitored Functional Squat System</i> (MFSS).	Tidak ada perbedaan secara signifikan antara kedua kelompok terhadap kekuatan isokinetik ekstensor dan fleksor lutut ( $p>0.05$ ).
		2. program rehabilitasi ACL standar	N&E dan E-only meningkatkan kekuatan lebih baik daripada N-only atau STND ( $P<0,05$ ) dan memiliki nilai kekuatan yang hampir sama dengan orang dewasa sehat saat kembali bermain ( $P>0,05$ ).
7	Lepley et al., 2015	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. NMES dan Eccentric (N&amp;E), menerima protokol NMES 2x/minggu selama 6 minggu pertama pasca rekonstruksi + protokol latihan <i>eccentric</i> 2x/ minggu mulai 6 pasca rekonstruksi.</li> <li>2. Eccentric (E-only), protokol latihan <i>eccentric</i> 2x/ minggu mulai 6 pasca rekonstruksi</li> <li>3. NMES (N-only) menerima protokol NMES 2x/minggu selama 6 minggu pertama pasca rekonstruksi</li> <li>4. STND, standar perawatan.</li> <li>5. Kontrol.</li> </ol>	
8	Milandri & Sivarasu, 2021	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Eccentric training group</i> (ECC), bersepeda dengan kecepatan konstan</li> <li>2. <i>Concentric control group</i> (CON), bersepeda dengan meningkatkan kecepatan</li> </ol> <p>Kedua latihan dilakukan 3x/minggu dengan durasi 26 menit, selama 8 minggu menggunakan ergometer siklus isokinetik yang sama di lingkungan studio yang cocok.</p>	Kedua kelompok mengalami peningkatan kekuatan otot <i>quadriceps</i> dan momen fleksi lutut saat berjalan atau berlari (sebesar 20% hingga 33%). Tidak ada perbedaan secara signifikan pada kedua kelompok ( $p=0.456$ ).
9	Vidmar et al., 2020	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CG, pelatihan eksentrik <i>quadriceps</i> selama 6 minggu (2 sesi/minggu) di kursi ekstensor</li> <li>2. IG, pelatihan eksentrik <i>quadriceps</i> selama 6 minggu (2 sesi/minggu) di dinamometer isokinetik.</li> </ol>	<p>Torsi puncak pelatihan eksentrik IG dibandingkan CG diperoleh hasil +85% vs. +23%.</p> <p>Pelatihan eksentrik isokinetik memberikan respon yang lebih besar dibandingkan pelatihan eksentrik konvensional terhadap massa dan kekuatan otot paha depan atlet rekreasi setelah rekonstruksi ACL.</p>
10	Zhang et al., 2020	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Isokinetic Eccentric Training</i> (IET), pelatihan eksentrik isokinetik selama 6 minggu, melibatkan latihan <i>quadriceps</i> pada sisi cedera dalam kisaran 30–90° pada 60°/s, 2x/ seminggu, dengan peralatan khusus.</li> </ol>	Kekuatan otot <i>quadriceps</i> setelah intervensi 6 minggu, ES (pada 60 ° / s) dan CS (pada 60 ° / s, 180 ° / s, dan 300 ° / s) dari <i>quadriceps</i> meningkat pada kelompok IET 27,9% ( $p < 0,001$ ), 35,9% ( $p < 0,001$ ),

- Resistensi meningkat secara progresif 34.3% ( $p = 0.002$ ), dan 24.1% ( $p =$  dari 50–70% torsi puncak (PT) 0.007), dan masing-masing pada menjadi 70–90% PT. kelompok IET+WPI sebesar 44,2% (p<0,001), 42,3% (p<0,001), 42,3% (p<0,001), 37,4% (p=0,002), dan 31,5% (p=0,002). Meskipun kelompok IET+WPI memperoleh peningkatan yang lebih besar, namun tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok.
2. *Isokinetic Eccentric Training + Whey Protein Isolate (IET+WPI)*, IET + suplemen harian 22 gram WPI selama 6 minggu. WPI dikonsumsi dalam waktu 30 menit setelah pelatihan pada hari pelatihan dan dengan sarapan pada hari non-pelatihan.

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian dari 10 artikel yang digunakan, terdapat 6 artikel menunjukkan bahwa eccentric exercise efektif dalam meningkatkan kekuatan otot quadriceps pada rekonstruksi ACL jika dibandingkan dengan intervensi lain (Friedmann-Bette et al., 2018; Harput et al., 2018; Kasmi et al., 2021; Lepley et al., 2015; Stojanović et al., 2023; Vidmar et al., 2019).

Penelitian oleh Harput et al tahun 2018, membagi pasien pada 4 minggu pertama pasca operasi menjadi tiga kelompok secara acak yaitu kelompok concentric CE, eccentric CE dan kontrol. Semua kelompok mengikuti program rehabilitasi pasca operasi yang sama. Pada kedua kelompok eksperimen mengikuti pelatihan isokinetik selama 8 minggu untuk lutut yang tidak cedera pada kecepatan 60°/s selama 3 hari per minggu. Hasil menunjukkan baik kelompok concentric CE dan eccentric CE terjadi peningkatan yang signifikan dalam kekuatan isometrik sukarela maksimum (MVIC) quadriceps untuk anggota tubuh yang cedera dan sehat dibandingkan dengan kelompok kontrol selama minggu ke-12 dan ke-24 pasca operasi

(Harput et al., 2018). Selanjutnya, pada sejumlah 30 atlet rekreasi pria yang dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok pelatihan eccentric conventional (CG) dan kelompok pelatihan eksentrik isokinetik (IG), dilakukan program pelatihan eksentrik quadriceps selama 6 minggu (2 sesi/minggu) di kursi ekstensor untuk CG dan di dinamometer isokinetik untuk IG, menunjukkan bahwa kelompok IG memiliki peningkatan yang jauh lebih tinggi dibandingkan CG ( $p < 0,05$ ) untuk semua hasil seperti massa otot, kekuatan otot, dan kinerja fungsional (Vidmar et al., 2019).

Lepley et al., 2015 melakukan penelitian pada empat kelompok intervensi NMES dan eksentrik (N&E,); eksentrik saja (E-only); NMES saja (N-only); standar perawatan (STND) dan kelompok kontrol orang sehat. Pada N&E dan N-only menerima protokol NMES 2x/minggu selama 6 minggu pertama pasca rekonstruksi. N&E dan E-only menerima protokol latihan eksentrik 2x /minggu mulai dari 6 minggu pasca rekonstruksi. Latihan ini menunjukkan N&E dan E-only dapat meningkatkan kekuatan lebih baik daripada N-only atau STND ( $P < 0,05$ ) dan memiliki nilai

kekuatan yang hampir sama dengan orang dewasa sehat saat kembali bermain ( $P>0,05$ ). Penelitian oleh Kasmi et al., 2023 mencoba membandingkan efek dari tiga program pelatihan rehabilitasi yang berbeda, pelatihan eccentric (ECC), pelatihan plyometric (PLYO), dan pelatihan gabungan eccentric dan plyometric (COMB). Pelatihan dimulai setelah semua peserta menjalani program rehabilitasi pasca operasi selama 14 minggu. Setelah pelatihan selama 6 minggu, hasil menunjukkan bahwa COMB lebih efektif dibandingkan PLYO dan ECC ( $p<0.001$ ) dalam meningkatkan kekuatan isokinetik otot fleksor dan ekstensor lutut pada atlet elit putra pasca rekonstruksi ACL (Kasmi et al., 2023).

Studi pelatihan membandingkan kelompok eksperimen dan kontrol dengan subjek yang teracak yang menjalani program rehabilitasi dengan protokol yang sama, namun terdapat satu latihan pembeda yakni pada pelatihan kekuatan, yang terdiri dari pelatihan flywheel pada kelompok eksperimen vs. pelatihan kekuatan tradisional pada kelompok kontrol. Latihan kekuatan dilakukan dua atau tiga kali per minggu selama 6 minggu dengan total 15 sesi, didapatkan hasil kekuatan kaki yang lebih baik pada kelompok latihan eccentric-oriented dibandingkan kelompok latihan traditional strength (Stojanović et al., 2023). Hasil penelitian Friedmann-Bette et al tahun 2018 menunjukkan bahwa program pelatihan leg-press dengan beban berlebih eksentrik CON/ECC+ yang diawasi selama 12 minggu (total 24 sesi) menghasilkan massa otot dan kekuatan otot

quadriceps yang lebih unggul daripada pelatihan leg-press konvensional konsentris/eksentrik CON/ECC pada sampel 37 atlet rekreasi (Friedmann-Bette et al., 2018). Secara keseluruhan, penelitian-penelitian yang disebutkan di atas menunjukkan bahwa pelatihan berorientasi eccentric kemungkinan besar akan menghasilkan peningkatan kekuatan otot quadriceps yang unggul dibandingkan dengan modalitas rehabilitasi lainnya pada cedera ACL. Namun, juga diperoleh hasil jika eccentric dikombinasikan dengan plyometric mampu meningkatkan kekuatan otot quadriceps yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan hanya menggunakan eccentric saja.

Sedangkan Henderson et al meneliti efek pelatihan satu set flywheel Bulgarian split squat yang dilakukan hingga kelelahan dengan ekstensi lutut maksimum  $60^\circ$ , selama 16 sesi, pada sebelas atlet pasca rekonstruksi ACL unilateral. Pelatihan dilakukan pada kaki yang direkonstruksi sebanyak 2x/minggu selama 8 minggu, selama minimal 48 jam, sebagai tambahan dari pelatihan regular. Analisis statistik mengungkapkan bahwa satu set bulgarian squat yang berorientasi eccentric mampu meningkatkan kekuatan paha depan pada atlet pasca rekonstruksi ACL (Henderson et al., 2022).

Selanjutnya, hasil penelitian dari 3 artikel menyatakan bahwa eccentric exercise mampu meningkatkan kekuatan otot quadriceps, namun tidak ditemukan perbedaan yang signifikan jika dibandingkan dengan kelompok kontrol ataupun intervensi lain (Kinikli et al., 2014;

Milandri & Sivarasu, 2021; Zhang et al., 2020). Menambahkan program pelatihan progressif eccentric and concentric ke dalam protokol rehabilitasi ACL standar, sejak minggu ke-3 pasca rekonstruksi ACL selama 12 minggu, dengan MFSS. Latihan 3x/minggu, dengan beban latihan secara bertahap meningkat dari 5% 1 RM menjadi 50% 1 RM pada minggu ke-16 pasca rekonstruksi. Latihan ini dapat meningkatkan hasil fungsional secara signifikan untuk kelompok yang menjalani pelatihan progressif eccentric and concentric, namun tidak ada perbedaan signifikan pada kelompok studi dibandingkan kelompok kontrol dalam hal peningkatan kekuatan isokinetik otot quadriceps (Kinikli et al., 2014). Begitu juga Milandri et al., 2020 meneliti kelompok eccentric training dan kelompok kontrol concentric. Kedua kelompok mendapat latihan 3x/minggu selama 8 minggu menggunakan ergometer siklus isokinetik yang sama dengan dosis latihan yang disesuaikan. Setelah 8 minggu, kedua kelompok mengalami peningkatan kekuatan otot quadriceps dan momen fleksi lutut saat berjalan atau berlari (sebesar 20% hingga 33%), namun tidak ditemukan adanya perbedaan secara signifikan pada kedua kelompok ( $p=0.456$ ) (Milandri & Sivarasu, 2021). Kelompok pelatihan eccentric isokinetic (IET) dan kelompok pelatihan eccentric isokinetic + isolat protein whey (IET+WPI), melakukan pelatihan eccentric isokinetic selama 6 minggu dan pada kelompok IET+WPI menerima 22 g isolat protein whey setiap hari. Meskipun penelitian menunjukkan hasil yang lebih baik secara numerik untuk

kombinasi suplemen isolat protein whey dengan pelatihan eksentrik isokinetik dibandingkan dengan pelatihan eksentrik isokinetik saja pada kekuatan otot quadriceps, namun tidak ada perbedaan signifikan secara statistik yang ditunjukkan antara kedua kelompok (Zhang et al., 2020).

## KESIMPULAN

Hasil tinjauan sistematis ini menunjukkan bahwa eccentric exercise bermanfaat untuk meningkatkan kekuatan otot quadriceps pada cedera ACL. Penemuan bahwa eccentric exercise dapat meningkatkan kekuatan otot quadriceps pada cedera ACL mengindikasikan bahwa metode ini layak dipertimbangkan dalam program rehabilitasi. Namun, penting bagi praktisi kesehatan untuk memahami bahwa pasien memiliki respons yang berbeda terhadap metode rehabilitasi ini. Oleh karena itu, penyesuaian program rehabilitasi berdasarkan kebutuhan dan kemampuan individu sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal.

## REFERENSI

- Friedmann-Bette, B., Profit, F., Gwechenberger, T., Weiberg, N., Partorfer, M., Weber, M.-A., Streich, N., & Barie, A. (2018). Strength Training Effects on Muscular Regeneration after ACL Reconstruction. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(6), 1152–1161. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001564>
- Grindem, H., Snyder-Mackler, L., Moksnes, H., Engebretsen, L., & Risberg, M. A. (2016).

- Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: The Delaware-Oslo ACL cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 804–808. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096031>
- Harpur, G., Ulusoy, B., Yildiz, T. I., Demirci, S., Eraslan, L., Turhan, E., & Tunay, V. B. (2018). Cross-Education Improves Quadriceps Strength Recovery After ACL Reconstruction: a Randomized Controlled Trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(1), 68–75. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5040-1>
- Henderson, F. J., Konishi, Y., Shima, N., & Shimokochi, Y. (2022). Effects of 8-Week Exhausting Deep Knee Flexion Flywheel Training on Persistent Quadriceps Weakness in Well-Trained Athletes Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13209. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013209>
- Herman, M., & Komalasari, D. R. (2022). Penatalaksanaan Fisioterapi Post Operative Anterior Cruciate Ligament: Studi Kasus. *Physiotherapy Health Science*, 4(1), 31–36.
- Ikhwan Zein, M. (2015). Cedera Anterior Cruciate Ligament (ACL) pada Atlet Berusia Muda. *Medikora*, 11(2), 111–121. <https://doi.org/10.21831/medikora.v11i2.2811>
- Iversen, E., Røstad, V., & Larmo, A. (2016). Intermittent blood flow restriction does not reduce atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Sport and Health Science*, 5(1), 115–118. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.12.005>
- Kasmi, S., Sariati, D., Hammami, R., Clark, C. C. T., Chtara, M., Hammami, A., Salah, F. Z. Ben, Saeidi, A., Ounis, O. Ben, Granacher, U., & Zouhal, H. (2023). The Effects of Different Rehabilitation Training Modalities on Isokinetic Muscle Function and Male Athletes' Psychological Status After Anterior Cruciate Ligament Reconstructions. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 15(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00645-z>
- Kasmi, S., Zouhal, H., Hammami, R., Clark, C. C. T., Hackney, A. C., Hammami, A., Chtara, M., Chortane, S. G., Salah, F. Z. Ben, Granacher, U., & Ounis, O. Ben. (2021). The Effects of Eccentric and Plyometric Training Programs and Their Combination on Stability and the Functional Performance in the Post-ACL-Surgical Rehabilitation Period of Elite Female Athletes. *Frontiers in Physiology*, 12, 0–11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.688385>
- Kinikli, G. İ., Yüksel, İ., Baltacı, G., & Atay, Ö. A. (2014). The Effect of Progressive Eccentric and Concentric Training on Functional Performance After

- Autogenous Hamstring Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Study. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 48(3), 283–289. <https://doi.org/10.3944/AOTT.2014.13.0111>
- Kochhal, N., Thakur, R., & Gawande, V. (2019). Incidence of Anterior Cruciate Ligament Injury in a Rural Tertiary Care Hospital. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8(12), 4032–4035. <https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc>
- Lepley, L. K., Wojtys, E. M., & Palmieri-Smith, R. M. (2015). Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve biomechanical limb symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Biomechanics*, 30(7), 738–747. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.04.011>
- Milandri, G., & Sivarasu, S. (2021). A Randomized Controlled Trial of Eccentric Versus Concentric Cycling for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation. *The American Journal of Sports Medicine*, 49(3), 626–636. <https://doi.org/10.1177/0363546520987566>
- Priono, B. H., Utoyo, G. A., & Ismiarto, Y. D. (2018). Relationship of ACL Injury with Posterior Tibial Slope, Intercondylar Notch Width Ratio, Age, and Sex. *Journal Orthopaedi and Traumatology Surabaya*, 7, 106–113. <http://journal.unair.ac.id/ORTHO@journal-orthopaedi-and-traumatology-surabaya-media-104.html>
- Stojanović, M. D. M., Andrić, N., Mikić, M., Vukosav, N., Vukosav, B., Zolog-Šchiopea, D.-N., Tăbăcar, M., & Melinte, R. M. (2023). Effects of Eccentric-Oriented Strength Training on Return to Sport Criteria in Late-Stage Anterior Cruciate Ligament (ACL)-Reconstructed Professional Team Sport Players. *Medicina*, 59(6), 1111. <https://doi.org/10.3390/medicina59061111>
- Vidmar, M. F., Baroni, B. M., Michelin, A. F., Mezzomo, M., Lugokenski, R., Pimentel, G. L., & Silva, M. F. (2019). Isokinetic Eccentric Training is More Effective Than Constant Load Eccentric Training on the Quadriceps Rehabilitation Following Partial Meniscectomy: A Randomized Clinical Trial. *Physical Therapy in Sport*, 39(6), 120–125. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.07.005>
- Vidmar, M. F., Baroni, B. M., Michelin, A. F., Mezzomo, M., Lugokenski, R., Pimentel, G. L., & Silva, M. F. (2020). Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 24(5), 424–432. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.07.003>
- Wibowo, A., & Putri, S. (2021). *Pedoman Praktis Penyusunan Naskah Ilmiah Dengan*

Metode Systematic Review. Departemen  
Administrasi dan Kebijakan Kesehatan  
Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Indonesia.

<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17871>.

20640

Zhang, X., Huang, H., Yu, Y., Yang, J., Liang,

Z., & Chang, C. (2020). Impact of Whey Protein Isolate and Eccentric Training on Quadriceps Mass and Strength in Patients with Anterior Cruciate Ligament Rupture: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 52(3).  
<https://doi.org/10.2340/16501977-2664>