

PERBEDAAN PENGARUH OPEN KINETIC CHAIN EXERCISE DAN CLOSE KINETIC CHAIN EXERCISE TERHADAP KEKUATAN OTOT QUADRICEPS FEMORIS PASCA OPERASI ANTERIOR CRUCIATE LIGAMEN DITINJAU DARI USIA

The Effect of Open Kinetic Chain Exercise and Close Kinetic Chain Exercise on Strength Quadriceps Femoris Muscle Post Anterior Cruciate Ligament Surgery in terms of Age

Miftahudin Sigit^{1*}
Muchsin Doewes²
Hanik Liskustyawati²

¹Ilmu Keolahragaan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jawa Tengah
²Departemen Ilmu Keolahragaan, Program Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jawa Tengah

*email: sigitmiftahudin@gmail.com

Abstrak

Cidera Anterior Cruciate Ligament adalah cedera yang paling banyak terjadi pada atlet. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perbedaan pengaruh antara open kinetic dan close kinetic chain exercise pada atlet pasca operasi ACL berdasarkan usia remaja dan dewasa serta untuk mengetahui apakah ada interaksi antara latihan dengan usia terhadap peningkatan kekuatan otot *Quadriceps Femoris*. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Sampel merupakan pasien pasca operasi Anterior Cruciate Ligament di Klinik Sport Fisioterapi Solo sebanyak 16 orang. Sampel yang diambil menggunakan teknik *purposive sampling*. Variabel dalam penelitian ini meliputi: 1) Kekuatan Otot *Quadriceps Femoris* (Y); 2) Latihan Open (a_1); 3) Latihan Close (a_2); dan 4) Usia (b). Data penelitian diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan Electromyograf. Uji hipotesis menggunakan uji two way Anova dan uji t. Kesimpulan, (1) Ada perbedaan pengaruh kekuatan otot quadriceps femoris setelah diberikan latihan open kinetic chain dan close kinetic chain pada pasien pasca operasi. Latihan close kinetic chain memiliki peningkatan yang lebih baik dibandingkan open kinetic chain pada pasien pasca operasi. (2) Ada perbedaan pengaruh kekuatan otot quadriceps femoris pada atlet usia remaja dan dewasa. Atlet usia dewasa memiliki peningkatan kekuatan otot quadriceps femoris yang lebih baik dibandingkan dengan atlet usia remaja. (3) Tidak ada interaksi antara metode latihan open kinetic chain dan close kinetic chain dengan usia remaja dan dewasa terhadap peningkatan kekuatan otot quadriceps.

Kata Kunci:

Kinetik terbuka
Kinetik tertutup
Ligamen lutut anterior

Keywords:

Open Kinetic
Close Kinetic
Anterior Cruciate Ligament

Abstract

Anterior Cruciate Ligament injuries are the most common injuries in athletes. The aim of this research is to determine the difference in the effect between open kinetic and close kinetic chain exercise on athletes after ACL surgery based on adolescent and adult age and to find out whether there is an interaction between exercise and age on increasing Quadriceps Femoris muscle strength. This research is an experimental study. The sample was 16 patients after Anterior Cruciate Ligament surgery at the Solo Sports Physiotherapy Clinic. Samples were taken using purposive sampling technique. Variables in this research include: 1) Quadriceps Femoris Muscle Strength (Y); 2) Open Exercise (a_1); 3) Close Exercise (a_2); and 4) Age (b). Research data were obtained from measurements using an Electromyograph. Hypothesis testing using two-way Anova test and t test. Conclusion, (1) There is a difference in the effect of quadriceps femoris muscle strength after being given open kinetic chain and close kinetic chain exercises in ACL postoperative patients. Which means that close kinetic chain training has a better improvement than open kinetic chain in ACL postoperative patients. (2) There are differences in the effect of quadriceps femoris muscle strength in adolescent and adult athletes. Which means that adult athletes have a better increase in quadriceps femoris muscle strength compared to adolescent athletes. (3) There is no interaction between open kinetic chain and close kinetic chain training methods with adolescent and adult age on increasing quadriceps muscle strength.



© 2024. Sigit 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: 26-01-2024

Accepted: 05-02-2024

Published: 10-03-2024

PENDAHULUAN

Salah satu bentuk kegiatan tubuh yaitu aktivitas fisik memiliki dimensi yang kompleks, di mana untuk mencapai prestasi yang unggul dan melakukan olahraga dengan baik, diperlukan persiapan yang terpadu dan berkelanjutan antara unsur-unsur fisik, teknik, strategi dan psikologi yang dapat dihitung dengan cermat melalui pembinaan awal, penguasaan keterampilan teknis, diperlukan perencanaan taktis yang matang dan strategi yang efektif, serta pendekatan yang beragam. Namun, untuk mencapai kesuksesan dalam bidang olahraga dengan kondisi fisik yang prima merupakan salah satu syarat penting yang dibutuhkan oleh para atlet, Sebab, keadaan jasmani yang prima akan membantu para atlet memudahkan penguasaan teknik-teknik dasar dalam bidang olahraga (Prima & Kartiko, 2021).

Aktivitas fisik yang berlebihan pada saat latihan dalam dunia olahraga tidak jarang menimbulkan cedera bagi para atlet (Wiratna, 2015). Cedera (Injury) sendiri diartikan sebagai kerusakan pada struktur atau fungsi tubuh yang timbul akibat tekanan fisik atau bahan kimia yang terjadi karena tindakan sendiri (Artanayasa, 2014). Cedera/ trauma dapat disebabkan oleh beberapa faktor pemicu seperti kurangnya pemanasan (warming up) yang memadai, beban yang terlalu berat, dampak fisik dari luar, dan faktor lainnya. Adapun salah satu jenis cedera dalam dunia olahraga yang paling umum terjadi pada atlet adalah cedera anterior cruciatum ligament (ACL).

Cedera Anterior Cruciatum Ligament (ACL)

adalah cedera lutut yang paling umum terjadi pada para atlet. Biasanya, cedera ini terjadi saat berolahraga yang memerlukan gerakan-gerakan zig-zag, perubahan arah pergerakan, serta perubahan akselerasi yang seketika (akselerasi-deselerasi) terjadi pada aktivitas fisik seperti basket, bola voli, sepak bola, dan futsal (Zein, 2013). Cedera yang terjadi sebagian besar tidak melibatkan kontak langsung dan disebabkan oleh mekanisme valgus lutut dan puntiran (twisting). Keadaan ini kerap kali terjadi pada atlet ketika mengendalikan bola atau posisi lutut yang tidak tepat saat jatuh. Ruptur ligamen ACL dapat terjadi khususnya ketika terjadi cedera langsung pada lutut dengan arah gaya menyamping (Herman & Komalasari, 2022). Pada tahun 2019, World Health Organization (WHO) merilis data bahwa diperkirakan sebanyak 200.000 insiden cedera cruciate ligamen terjadi setiap tahunnya, dimana 70% diantaranya terjadi melalui mekanisme non kontak ketika bermain olahraga yang memerlukan kelincahan, seperti sepak bola, basket dan ski, sedangkan sekitar 30 % hasilnya bergantung pada kontak secara langsung dan dari semua kasus cedera cruciate ligamen, hampir setengah dari seluruhnya berupa robekan ACL yang menjadi faktor utama ketidakstabilan lutut dan dapat mengubah fungsi, sehingga mempengaruhi aktivitas harian dan kemampuan berjalan (WHO, 2019).

Pemulihan cedera ACL terdiri dari dua metode, yaitu operatif (rekonstruksi) dan non-operatif (terapi). Terapi non-operatif dilakukan dengan memanfaatkan terapi modalitas seperti brace

lutut, diathermy dan ultrasound, serta program penguatan otot. Sementara itu, pengobatan operatif dilakukan melalui rekonstruksi. Rekonstruksi (operatif) menjadi pilihan utama dalam penanganan cedera ACL karena tindakan operatif untuk menjahit kembali ligamen ACL yang rusak atau robek seringkali tidak berhasil. Hal ini disebabkan oleh ketiadaan fibrin pada ligamen ACL sehingga tidak dapat sembuh dengan sendirinya. Rekonstruksi melibatkan penggantian ligamen ACL dengan bahan lain (graft) dan biasanya, pasien menggunakan tendon hamstring atau tendon patella mereka sendiri (autograft) (Zein, 2013).

Rudiyanti (2019) menjelaskan bahwa setelah menjalani operasi rekonstruksi ACL, beberapa masalah dapat timbul seperti rasa sakit, oedem, atrofi dan penurunan massa otot, keterbatasan ROM, masalah dalam pola berjalan, dan hambatan dalam fungsi lutut setelah operasi rekonstruksi ACL. Oleh sebab itu, perlu adanya penerapan terapi fisik yang digunakan dalam mengatasi rasa sakit pada lutut pasien yang telah menjalani rekonstruksi ACL, dengan tujuan untuk mengurangi ketidaknyamanan dan pembengkakan, memperbaiki dan meningkatkan kekuatan otot, mencegah penurunan massa (atrophy) otot, meningkatkan stabilitas pada lutut, serta membantu pemulihan kepercayaan diri pasien yang mengalami cedera ACL. Hal ini disebabkan karena saat seorang atlet mengalami cedera robek pada ligamen ACL, maka otot yang terkait dengan persendian lutut akan menurun sebagai hasil dari tindakan operatif, seperti otot Quadriceps Femoris yang memiliki peran vital

dalam mengendalikan gerakan tubuh selama aktivitas yang dinamis (Syafa'at & Rosyida, 2020). Salah satu bentuk latihan yang dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan keseimbangan pasca operasi ACL yaitu Open Kinetic Chain Exercise-Close Kinetic Chain Exercise yang dapat meningkatkan keseimbangan dinamis (Fukuda, 2013).

Open Kinetic Chain Exercise adalah jenis latihan yang hanya melibatkan gerakan pada satu sendi (single joint exercise) dengan gerakan terjadi pada bagian distal tanpa melibatkan gerakan bagian proksimal. Jenis latihan ini efektif untuk meningkatkan kekuatan pada kelompok otot tertentu karena sebagian besar gaya beban akan diterima oleh kelompok otot tersebut (Nugroho, 2015). Sementara itu, gerakan Close Kinetic Chain Exercise adalah tipe pergerakan yang memanfaatkan beberapa sendi dan bergerak dengan menopang beban tubuh guna memberi beban pada beberapa kelompok otot secara bersamaan, termasuk agonis dan antagonis. Latihan ini mampu meningkatkan aktivasi proprioception pada anggota gerak bagian bawah (Nobre, 2012). Hasil penelitian Susilawati (2015) menemukan bahwa latihan Closed Kinetic Chain dapat memperbaiki kemampuan fungsional dengan lebih efektif dibandingkan kelompok yang diberikan latihan Open Kinetic Chain Exercise. Sedangkan hasil penelitian Nugroho (2015) menemukan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara Open Kinetic Chain Exercise dan Closed Kinetic Chain Exercise dalam meningkatkan aktivitas fungsional.

Selain ketidakkonsistenan dalam pemberian Open Kinetic Chain Exercise atau Close Kinetic Chain Exercise juga ditemukan belum ada penelitian yang secara spesifik mengevaluasi perbedaan pengaruh Open Kinetic Chain Exercise dan Close Kinetic Chain Exercise exercise terhadap kekuatan otot Quadriceps Femoris pasca operasi ACL ditinjau dari usia. Namun, beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh latihan pada rehabilitasi ACL secara umum. Pada penelitian tersebut tidak ditekankan pada perbedaan pengaruh latihan berdasarkan usia mereka. Oleh karena itu, masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut yang dapat memperjelas perbedaan pengaruh Open Kinetic Chain Exercise dan Close Kinetic Chain Exercise exercise terhadap kekuatan otot Quadriceps Femoris pasca operasi ACL ditinjau dari usia. Melihat kenyataan bahwa cedera anterior cruciate ligamen merupakan salah satu jenis cedera di bidang olahraga yang paling banyak terjadi setiap tahunnya. Dengan demikian, peneliti tertarik untuk mempelajari lebih lanjut tentang perbedaan pengaruh Open Kinetic Chain Exercise & Close Kinetic Chain Exercise terhadap kekuatan otot Quadriceps Femoris pasca operasi Anterior Cruciate Ligamen (ACL).

Dengan demikian kebaruan penelitian ini yaitu menggunakan alat pengukuran kontraksi otot Quadriceps Femoris menggunakan Elektromiograf (EMG) Power Meter sebagai instrument pengambilan data. Tidak menggunakan manual muscle testing (MMT). Tetapi menggunakan EMG Power Meter yang

hasil output nya langsung diambil melalui sensor kontraksi otot Quadriceps Femoris. Selain itu, penelitian ini ditinjau dari usia untuk melihat hasil penelitian tentang perbedaan dalam perkembangan fisik antara remaja dan dewasa. Efektifitas pada setiap kelompok usia dapat memberikan panduan yang lebih akurat dalam pemulihan cedera ACL pada setiap tahap perkembangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode factorial eksperimental yang merupakan modifikasi dari true eksperimental dengan memperhatikan kemungkinan adanya variabel moderator yang mempengaruhi perlakuan terhadap hasil dengan semua kelompok diberi pre-test. Design penelitian yang digunakan yaitu factorial design 2x2 karena peneliti tidak hanya ingin melihat efek dari variabel bebas terhadap variabel terikat saja melainkan juga efek interaksi dari dua variabel bebas terhadap variabel terikat, di mana kelompok pertama menerima latihan Open Kinetic Chain Exercise berdasarkan perbedaan usia remaja dan dewasa, sedangkan kelompok kedua menerima latihan Close Kinetic Chain Exercise berdasarkan perbedaan usia remaja dan dewasa.

Alat ukur EMG Wireless Transmitter merupakan sinyal yang berasal dari kontraksi pada otot manusia. Pendeteksian, penguatan dan perekaman perubahan yang terjadi pada tegangan yang dihasilkan oleh kontraksi dasar jaringan otot disebut *electromyography*, dan hasil

perekamannya disebut *electromyogram* (EMG).

Tabel 1. Program Latihan Open Kinetic Chain Exercise dan Close Kinetic Chain Exercise

Exercise	Repetitions / Set
<i>Squat</i>	30-120sec / 2-4 sets
<i>Lunges</i>	6-8 reps / 3-5 sets
<i>Step Ups</i>	15-20 reps / 3 sets
<i>Wall Sits</i>	30-120sec / 2-4 sets
<i>Single Leg Balance</i>	15-20 reps / 3 sets
<i>Straight Leg Raise</i>	20-30 reps / 4 sets
<i>Hamstring Curl</i>	12-15 reps / 3 sets
<i>Knee Ekstension</i>	15-20 reps / 3 sets
<i>Leg Press</i>	12-15 reps / 3 sets
<i>Terminal Knee Ekstension</i>	5 sets / 1 minute hold

Teknik analisis data menggunakan uji prasyarat yaitu uji homogenitas dengan nilai signifikan ≥ 0.05 , uji normalitas dengan nilai probabilitas $> 0,05$, dan uji hipotesis menggunakan uji two-way anova dengan nilai signifikansi ditetapkan sebesar $0,05$.

HASIL

Tabel 2. Hasil Pengujian Hipotesis

Dependent Variable: Hasil EMG					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1276.187 ^a	3	425.396	70.168	.000
Intercept	169950.063	1	169950.063	28033.000	.000
LATIHA	855.563	1	855.563	141.124	.000
N					
USIA	410.063	1	410.063	67.639	.000
LATIHA	10.563	1	10.563	1.742	.211
N * USIA					
Error	72.750	12	6.063		
Total	171299.000	16			
Corrected Total	1348.937	15			

a. R Squared = .946 (Adjusted R Squared = .933)

Berdasarkan hasil analisis data diatas dapat dilakukan pengujian hipotesis sebagai berikut:

Pengujian Hipotesis I

Dari hasil penelitian menunjukan bahwa hasil peningkatan kekuatan otot quadriceps femoris

setelah diberikan latihan *open kinetic chain* memiliki peningkatan yang berbeda dengan *close kinetic chain* pada pasien pasca operasi ACL. Hal ini dibuktikan dari nilai Signifikansi $0.000 < 0,05$ ($p < 0,05$). Yang berarti bahwa latihan *open kinetic chain* memiliki peningkatan yang berbeda dengan *close kinetic chain* pada pasien pasca operasi ACL dapat diterima kebenarannya.

Pengujian Hipotesis II

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa atlet usia remaja memiliki peningkatan kekuatan otot quadriceps femoris yang berbeda dengan atlet usia remaja. Hal ini dibuktikan dari nilai Signifikansi $0,000 < 0,05$ ($p < 0,05$) Yang berarti atlet usia remaja memiliki peningkatan kekuatan otot quadriceps femoris yang berbeda dengan atlet usia dewasa dapat diterima kebenarannya.

Pengujian Hipotesis III

Dari hasil penelitian menunjukan bahwa interaksi antara latihan *open kinetic chain* dan *close kinetic chain* ditinjau dari usia remaja dan dewasa tidak bermakna. Dari hasil analisis varian diperoleh nilai $p\text{-value} = 0,211 > 0,05$. Yang berarti tidak terdapat interaksi antara latihan *open kinetic chain* dan *close kinetic chain* dengan perbedaan usia remaja dan dewasa terhadap peningkatan kekuatan otot quadriceps femoris. Hasil penelitian dapat disajikan dengan tabel, grafik atau gambar sesuai kebutuhan untuk memperjelas penyajian hasil secara verbal.

PEMBAHASAN

Pengaruh Latihan Open Kinetic Chain dan Close Kinetic Chain

Berdasarkan pengujian hipotesis pertama

ternyata ada perbedaan pengaruh antara kelompok atlet dengan latihan open kinetic chain dan kelompok atlet dengan latihan close kinetic chain. Pada kelompok atlet yang mendapatkan latihan close kinetic chain mempunyai peningkatan kekuatan otot quadriceps femoris lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok atlet yang di berikan latihan open kinetic chain.

Atrofi atau kelemahan otot quadriceps terjadi setelah imobilisasi sendi lutut dan dapat menyebabkan kelemahan pada otot quadriceps setelah cedera dan rekonstruksi ACL. Otot paha depan (quadriceps muscle) memiliki peran penting dalam upaya menurunkan problem pada pasien, karena fungsi otot quadriceps sebagai shock absorber sehingga dapat mengurangi beban di lutut. Penurunan kekuatan otot paha depan dapat menyebabkan tekanan yang berlebih pada lutut sehingga menurunkan fungsi gerak lutut (Nishinol et al., 2020). Pada penderita anterior cruciatum ligament (ACL) didapatkan defisit kekuatan otot quadriceps 10-27% (Kim et al., 2022).

Pada latihan open kinetic chain peningkatan kekuatan otot terfokus pada satu otot sehingga dapat menghambat terjadinya atropi otot, meningkatkan sirkulasi darah, dan terjadi peningkatan kekuatan otot yang dapat meningkatkan kemampuan fungsional (Elggelrding et al., 2015). Exercise yang diberikan adalah Straight Leg Raise (SLR), Hamstring Curls, Knee Extension, Leg Press, dan Terminal Knee Extension. Sedangkan, Latihan closed kinetic chain menyediakan

stimulus proprioceptif melalui adanya gerakan dari gerakan dari dua sendi atau lebih (multiple joint) sehingga dapat menstimulasi mekanoreseptor di sekitar sendi yang berfungsi untuk membantu kontrol gerakan (Fitzgerald, et al. 2015). Exercise yang diberikan Squat, Lunges, Step-ups, Wall Sits, dan Singel Balance.

Kapasitas kekuatan otot secara langsung berhubungan dengan fisiologi cross section area pada serabut otot. Schmitt (2017) menjelaskan bahwa melakukan latihan Quadriceps Femoris dapat meningkatkan rangsangan pada serabut aferen pada kutaneus dan memicu stimulasi pada mekanoreseptor. Hal ini dapat meningkatkan proprioseptik dan menghasilkan pemulihan otot yang akan disalurkan melalui sistem saraf pusat untuk meningkatkan kekuatan otot pada Quadriceps Femoris. Jenis-jenis latihan, khususnya latihan yang menggunakan beban dapat menimbulkan peningkatan yang besar dan cepat pada kekuatan otot. Peningkatan kekuatan pada tahap awal ini dapat terjadi pada orang terlatih setelah pemberian latihan selama 4 minggu. Latihan yang tidak dilakukan secara rutin atau tidak dilanjutkan kembali akan menyebabkan penurunan kekuatan otot pada otot yang terkait. Oleh karena itu pada latihan strengthening diperlukan waktu yang cukup lama dan dibutuhkan konsistensi dalam latihan untuk melihat perkembangan peningkatan pada kekuatan otot sesuai dengan prinsip Latihan yang dikemukakan oleh Bompa (2009).

Jadi dapat disimpulkan bahwa pada kelompok yang diberikan latihan close kinetic chain didapatkan hasil yang signifikan terhadap

peningkatan kekuatan otot yaitu dalam mendorong aktivasi awal paha depan yang lebih seimbang dibandingkan dengan kelompok latihan open kinetic chain. Close kinetic chain lebih baik diberikan untuk meningkatkan kekuatan, sedangkan open kinetic chain lebih baik untuk memperbaiki koordinasi gerakan.

Perbedaan Usia Remaja dan Dewasa

Berdasarkan hasil pengujian hipotesis yang kedua terdapat perbedaan peningkatan kekuatan otot quadriceps femoris yang berbeda atlet usia remaja dan dewasa.

Ithurburn et al. (2019) menyatakan bahwa usia yang lebih muda menjadi faktor kekuatan dan pemulihan fungsional (didefinisikan sebagai kekuatan LSI > 85%). Untuk semua kelompok umur, keterlibatan dalam aktivitas fisik lebih sering terjadi pada laki-laki dibandingkan pada perempuan. Kembalinya gaya hidup aktif setelah cedera ACL didasarkan pada pemulihan stabilitas lutut. Selama masa pubertas, anak laki-laki menunjukkan peningkatan kekuatan otot yang lebih cepat (Dietvorst et al., 2020). Responden dalam penelitian ini berusia 18-25 tahun, dengan hasil uji analisa data menyatakan usia responden yang banyak mengalami peningkatan kekuatan otot adalah responden usia 18-25 tahun. Kekuatan otot mulai timbul sejak lahir sampai dewasa dan terus meningkat terutama pada usia 20 sampai 30-an dan menurun seiring dengan peningkatan usia. Pada umumnya bahwa pria lebih kuat dibandingkan dengan wanita. Kekuatan otot pria muda hampir sama dengan wanita muda sampai menjelang usia puber, setelah itu pria akan mengalami

peningkatan kekuatan otot yang signifikan dibanding wanita, dan perbedaan terbesar timbul selama usia pertengahan (antara usia 30 sampai 50).

Perbedaan gender ini termasuk juga dalam pengembangan kekuatan otot. Secara teori kekuatan otot diperoleh dari prinsip latihan beban yang bersifat overload, progressif dan dimulai dari otot besar ke otot kecil (Lesmana, 2012).

Tidak Ada Interaksi yang Bermakna Antara Faktor-Faktor Utama dalam Bentuk Interaksi Dua Faktor

Berdasarkan hasil pengujian hipotesis yang ketiga baik antara latihan open kinetic chain dan close kinetic chain tidak ada interaksi antara metode latihan dengan usia terhadap peningkatan kekuatan otot quadriceps. Latihan open kinetic chain dan close kinetic tidak berpengaruh pada kelompok umur remaja dan dewasa 18-25 tahun karena nilai peningkatan kekuatan otot yang tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian latihan beban dengan metode open kinetic chain maupun close kinetic chain terhadap sampel dengan usia remaja dan dewasa tidak memberikan perbedaan pengaruh terhadap peningkatan kekuatan otot. Sehingga dalam pemberian latihan untuk peningkatan kekuatan otot baik bagi remaja maupun dewasa dapat diberikan dengan kedua metode tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan

sebagai berikut:

1. Ada perbedaan pengaruh kekuatan otot quadriceps femoris setelah diberikan latihan *open kinetic chain* dan *close kinetic chain* pada pasien pasca operasi ACL. Hal ini dibuktikan dari nilai Signifikansi $0.000 < 0,05$ ($p < 0,05$). Yang berarti bahwa latihan *close kinetic chain* memiliki peningkatan yang lebih baik dibandingkan *open kinetic chain* pada pasien pasca operasi ACL.
2. Ada perbedaan pengaruh kekuatan otot quadriceps femoris pada atlet usia remaja dan dewasa. Hal ini dibuktikan dari nilai Signifikansi $0,000 < 0,05$ ($p < 0,05$) Yang berarti atlet usia dewasa memiliki peningkatan kekuatan otot quadriceps femoris yang lebih baik dibandingkan dengan atlet usia remaja.
3. Tidak ada interaksi antara metode latihan *open kinetic chain* dan *close kinetic chain* dengan usia remaja dan dewasa terhadap peningkatan kekuatan otot quadriceps.

REFERENSI

- Artanayasa, I. (2014). Cedera pada Pemain Sepakbola. *Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA IV*, 345–353
- Bompa, T. O., & Haff, G. G. (2009). Periodization: theory and methodology of training. *Human Kinetics*
- Boro, Z., & Cahyani, N. (2016). Penatalaksanaan Cedera Tendinitis Patella Pada Atlet Bulutangkis. *Jurnal Olahraga Prestasi*, Vol. 12, No. 1, Hal:1-12.
- Bousquet, B. A., Cscs, S. C. S., Brien, L. O., Sports, M. P., Singleton, S., Beggs, M., &

- Bousquet, B. (2018). *Post-Operative Criterion Based Rehabilitation Of Acl Repairs: A Clinical Commentary*. 13(2), 293–305. <https://doi.org/10.26603/ijst20180293>
- Cheon, S., Lee, J. H., Jun, H. P., An, Y. W., & Chang, E. (2020). Acute effects of open kinetic chain exercise versus those of closed kinetic chain exercise on quadriceps muscle thickness in healthy adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(13), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph17134669>
- Dietvorst, M., Brzoskowski, M. H., van der Steen, M., Delvaux, E., Janssen, R. P. A., & Van Melick, N. (2020). Limited evidence for return to sport testing after ACL reconstruction in children and adolescents under 16 years: a scoping review. In *Journal of Experimental Orthopaedics* (Vol. 7, Issue 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1186/s40634-020-00298-8>
- Eggerding, V., Meuffels, D. E., Bierma-Zeinstra, S. M. A., Verhaar, J. A., & Reijman, M. (2015). Factors related to the need for Surgical reconstruction after anterior cruciate ligament rupture: A Systematic review of the literature. In *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* (Vol. 45, Issue 1, pp. 37–44). Movement Science Media. <https://doi.org/10.2519/jospt.2015.5183>
- Fukuda, T. (2013). *Open Kinetic Chain Exercise Kinetic Chain Exercise Exercises in a*

- Restricted Range of Motion After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction A Randomized Controlled Clinical Trial. *Journal of Pain and Symptom Management*, 41(6), 1073–1093.
- Herman, M., & Komalasari, D. R. (2022). Penatalaksanaan Fisioterapi Post Operative Anterior Cruciate Ligament: Studi Kasus. *Physiotherapy Health Science (PhysioHS)*, 4(1), 31–35.
- Hewison, C. E. (2015). *Stability Study: A multicentre RCT comparing ACL reconstruction with and without lateral extraarticular tenodesis for individuals at high risk of graft failure*. Electronic Thesis and Dissertation Repository
- Ithurnburn, M. P., Paljieg, A., Thomas, S., Hewett, T. E., Paterno, M. V., & Schmitt, L. C. (2019). Strength and Function Across Maturation Levels in Young Athletes at the Time of Return to Sport After ACL Reconstruction. *Sports Health*, 11(4), 324–331. <https://doi.org/10.1177/1941738119849070>
- Kim, D. K., Park, G., Wang, J. H., Kuo, L. T., & Park, W. H. (2022). Preoperative quadriceps muscle strength deficit severity predicts knee function one year after anterior cruciate ligament reconstruction. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09816-3>
- Lesmana, I. (2012). Perbedaan Pengaruh Pemberian Latihan Metode Delorme Dengan Latihan Metode Oxford Terhadap Peningkatan Kekuatan Otot Quadriceps.
- Lu, C. C., Yao, H. I., Fan, T. Y., Lin, Y. C., Lin, H. T., & Chou, P. P. H. (2021). Twelve weeks of a staged balance and strength training program improves muscle strength, proprioception, and clinical function in patients with isolated posterior cruciate ligament injuries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(23). <https://doi.org/10.3390/ijerph182312849>
- Nishino, K., Hashimoto, Y., Nishida, Y., & Nakamura, H. (2020). Anterior cruciate ligament reconstruction with anterior closing wedge osteotomy for failed high tibial osteotomy—A case report. *International Journal of Surgery Case Reports*, 73, 116–120. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2020.06.102>
- Nugroho, H. (2015). *Pengaruh Open Kinetic Chain Exercise Kinetic Chain Exercise Dan Closed Kinetic Chain Terhadap Peningkatan Aktivitas Fungsional Pada Osteoarthritis Knee Setelah Pemberian Transcutaneous Electrical Nerves Stimulation Dan Infra Red Radiation*. Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Prentice, W. (2016). *Rehabilitation techniques for sports medicine and athletic training: fourth ed.* McGraw Hill publications.
- Prima, P. & Kartiko, D. (2021). Survei Kondisi

- Fisik Atlet Pada Berbagai Cabang Olahraga. *Jurnal Pendidikan Olahraga dan Kesehatan*. Vol. 09, No. 01, Hal: 161 -170
- Putz, P. (2008). *Tulang, Persendian, dan Ligament Sendi Lutut*. Surakarta: Jurusan Fisioterapi Polteknik Kesehatan
- Rudiyanti. (2019). *Efektivitas Program Terapi Rehabilitasi Cedera Post Operatif Anterior Cruciate Ligament (ACL) Terhadap Peningkatan Range Of Motion (ROM) Articulation Genus pada Pasien di Jogja Sports Clinic*. Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang
- Risberg, M. A., Holm, I., Myklebust, G., & Engebretsen, L. (2007). *Research Report Neuromuscular Training Versus Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*: <https://doi.org/10.2522/ptj.20060041>
- Singh, N. (2016). International Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Orthop Res Online J*,1(5):3–5.
- Solomon, A. (2010). *Orthopedi dan Fraktur Sistem Appley*. Jakarta: Widya Medika
- Stensdotter, A. K., Hodges, P. W., Mellor, R., Sundelin, G., & Häger-Ross, C. (2003). Quadriceps Activation in Closed and in Open Kinetic Chain Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(12), 2043–2047. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000099107.03704.AE>
- Susilowati, I. (2015). Latihan *Closed Kinetic Chain* Lebih Baik Daripada *Open Kinetic Chain Exercise Kinetic Chain Exercise* Untuk Meningkatkan Kemampuan Fungsional Pada *Osteoarthritis* Lutut Setelah Pemberian *Micro Wave Diathermy* (MWD) Dan *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation* (TENS). *Sport and Fitness Journal*, Vol. 3, No.1, Hal: 26-34
- Syafa'at, F. & Rosyida, E. (2020). Upaya Pemulihan Pasien Pasca Rekonstruksi Anterior Cruciate Ligament (ACL) Dengan Latihan Beban. *Jurnal Kesehatan Olahraga*, Vol. 08 No. 1, Hal:67-72
- Wiratna, A. (2015). Penatalaksanaan Fisioterapi pada Kasus Post Operasi Ruptur Anterior Craciatum Ligament (ACL) di RS. AL. Dr Ramelan Surabaya. *Naskah Publikasi*. Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Yabroudi, M. A. (2013). *Rehabilitation and Return to Play After Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Anterior cruciate ligament Surgery Knee Rehabilitation*. 32, 165–175. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2012.08.016>