

Efektivitas Program Terapi Pada Pasien Pasca Operasi Rekontruksi *Anterior Cruciate Ligament* (ACL)

Effectiveness of Therapy Programs in Patients After Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction Surgery

¹Alfitri Yana Yunita,²Dwi Suci Asriani,³Afifah Cahayani Adha

¹²³Universitas Awal Bros, Indonesia

Email : alfitriyana90@gmail.com

Submisi: 14 Februari 2026; penerimaan: 30 Mei 2026; publikasi: 30 Juni 2026

Abstrak

Cedera *Anterior Cruciate Ligament* (ACL) merupakan cedera lutut serius yang umum pada populasi aktif, dan rekonstruksi bedah sering diikuti komplikasi seperti keterbatasan lingkup gerak sendi (ROM) dan pembengkakan yang menghambat pemulihan. Program rehabilitasi pasca operasi yang komprehensif menjadi komponen kritis, namun efektivitas protokol terapi yang dijalankan di berbagai institusi perlu evaluasi empiris. Meskipun teknik bedah rekonstruksi *Anterior Cruciate Ligament* (ACL) telah mencapai standarisasi tinggi, keberhasilan fungsional pasca-operasi seringkali terhambat oleh persistensi efusi sendi dan defisit lingkup gerak sendi (ROM) yang memicu kegagalan rehabilitasi dini. Inkonsistensi protokol terapi antar-institusi saat ini menciptakan celah signifikan dalam pencapaian target fungsional, yang berisiko pada atrofi otot kuadrisep persisten dan onset osteoarthritis dini bagi populasi aktif. Oleh karena itu, evaluasi empiris terhadap efektivitas program terapi menjadi sangat mendesak (urgensi) untuk menetapkan strategi rehabilitasi yang presisi guna meminimalkan komplikasi pasca-bedah dan mempercepat waktu *return-to-sport* secara aman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas program terapi rehabilitasi multimodal dalam meningkatkan ROM lutut dan mengurangi pembengkakan pada pasien pasca operasi rekonstruksi ACL. Jenis penelitian ini adalah kuantitatif dengan desain *quasi-experimental* melalui *non-equivalent control group design*. Sejumlah 26 responden dibagi ke dalam dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen yang menerima program terapi terpadu dan kelompok kontrol yang menerima terapi standar rumah sakit. Pemilihan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* berdasarkan kriteria inklusi yang ketat guna menjamin homogenitas subjek. Penelitian dilaksanakan di RSAB Pekanbaru pada periode Juli hingga November 2025. Instrumen penelitian meliputi goniometer universal untuk mengukur ROM dan midline untuk menilai tingkat pembengkakan (*girth measurement*). Analisis data dilakukan menggunakan uji-t independen untuk membandingkan hasil antar kelompok dan uji-t berpasangan untuk mengevaluasi perubahan internal dengan tingkat signifikansi $\alpha=0,05$. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada kelompok eksperimen yang meliputi ROM fleksi aktif (24,19%), fleksi pasif (31,07%), ekstensi aktif (28,94%), dan ekstensi pasif (83,70%), serta reduksi pembengkakan sebesar 3,33%. Kesimpulan penelitian ini adalah integrasi terapi manual, elektroterapi (TENS), terapi latihan, dan krioterapi terbukti secara empiris lebih efektif dalam memulihkan mobilitas sendi dan menekan inflamasi pada fase pemulihan menengah. Temuan ini merekomendasikan adopsi protokol rehabilitasi berbasis bukti sebagai standar pelayanan untuk meningkatkan luaran klinis dan efisiensi durasi perawatan pasien pasca-rekonstruksi ACL.

Kata kunci: Rekonstruksi ACL, Lingkup Gerak Sendi, Pembengkakan Lutut.

Abstract

Anterior Cruciate Ligament (ACL) injury is a significant knee pathology prevalent among active populations, where successful surgical reconstruction is frequently hindered by postoperative complications such as restricted Range of Motion (ROM) and persistent effusion. These complications elevate the risk of persistent quadriceps atrophy and early-onset osteoarthritis if not addressed through precise rehabilitation protocols. This study aims to evaluate the effectiveness of a multimodal rehabilitation therapy program in improving knee ROM and reducing swelling in post-ACL reconstruction patients. This quantitative study employed a quasi-experimental approach with a non-equivalent control group design. A total of 26 respondents were divided into two groups: an experimental group receiving an integrated therapy program and a control group receiving standard hospital therapy. Samples were selected using a purposive sampling technique based on strict inclusion criteria to ensure subject homogeneity. The research was conducted at RSAB Pekanbaru from July to November 2025. Research instruments included a universal goniometer to measure ROM and a midline tape for girth measurement to

assess swelling. Data analysis was performed using independent t-tests for inter-group comparisons and paired t-tests for evaluating internal changes, with a significance level of $\alpha=0.05$. The results demonstrated a significant improvement in the experimental group, including active flexion ROM (24.19%), passive flexion (31.07%), active extension (28.94%), and passive extension (83.70%), alongside a 3.33% reduction in swelling. This study concludes that the integration of manual therapy, electrotherapy (TENS), exercise therapy, and cryotherapy is empirically more effective in restoring joint mobility and suppressing inflammation during the intermediate recovery phase. These findings recommend the adoption of evidence-based rehabilitation protocols as a standard of care to enhance clinical outcomes and treatment efficiency for patients following ACL reconstruction.

Keywords: ACL Reconstruction, Joint Range of Motion, Knee Swelling.

Pendahuluan

Cedera Anterior Cruciate Ligament (ACL) merupakan salah satu cedera ortopedi serius yang paling sering terjadi, terutama pada populasi aktif dan atlet yang terlibat dalam olahraga *high-impact* seperti sepak bola, bola basket, dan futsal (Filbay & Grindem, 2019). Ligamen ini berperan sebagai stabilisator sentral utama sendi lutut, mencegah pergeseran berlebihan tulang kering terhadap tulang paha. Mekanisme cedera umumnya melibatkan gerakan memutar atau perubahan arah secara tiba-tiba dengan beban, yang mengakibatkan robekan ligamentum. Robekan ACL tidak hanya menyebabkan ketidakstabilan mekanis segera, tetapi juga memicu respons inflamasi kaskade yang ditandai dengan nyeri hebat, hemartrosis, pembengkakan masif, dan inhibisi neuromuskular (Logerstedt et al., 2017). Penanganan standar untuk robekan lengkap ACL pada individu yang ingin kembali beraktivitas tinggi adalah melalui bedah rekonstruksi (Webster & Feller, 2019). Meskipun teknik bedah *arthroscopic* telah maju, prosedur ini sendiri merupakan trauma terkontrol yang hampir selalu diikuti komplikasi pasca operasi, seperti nyeri, kekakuan sendi yang mengurangi Rentang Gerak Sendi (ROM) terutama ekstensi, atrofi otot *quadriceps*, dan pembengkakan (edema) persisten (Nissen et al., 2021). Edema bukan hanya gejala sisa, melainkan penghalang fisiologis yang aktif menghambat aktivasi otot dan memperpanjang masa pemulihan fungsional (Wright et al., 2021).

Dalam konteks ini, rehabilitasi pasca operasi muncul sebagai komponen krusial yang tidak terpisahkan dari keberhasilan tindakan bedah. Rehabilitasi merupakan

intervensi aktif, terstruktur, dan berfase yang dirancang untuk secara agresif menangani setiap komplikasi pasca operasi (Van Melick et al., 2023). Tujuannya multidimensi: mengelola nyeri dan inflamasi, mengembalikan ROM lutut secara penuh, memulihkan kekuatan dan kontrol neuromuskular, serta memandu pasien kembali ke aktivitas fungsional dan olahraga secara aman (Arder et al., 2016). Keberhasilan rehabilitasi dapat diukur melalui parameter objektif seperti peningkatan ROM yang diukur dengan goniometer dan pengurangan lingkaran lutut sebagai indikator penurunan edema (Bleakley & Davison, 2020). RSAB Pekanbaru merupakan salah satu pusat layanan yang menerapkan protokol terapi multimodal untuk rehabilitasi pasca rekonstruksi ACL, mengintegrasikan terapi manual (Lepley, Davi & Burland, 2022), elektroterapi (TENS), terapi latihan, dan krioterapi. Namun, efektivitas protokol yang telah berjalan ini belum dievaluasi secara sistematis dan empiris. Evaluasi semacam ini sangat diperlukan untuk memastikan praktik klinis yang optimal dan berbasis bukti (*evidence-based practice*), mengingat pentingnya pengambilan keputusan klinis yang tepat untuk meminimalkan risiko cedera berulang (Grindem et al., 2016).

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan utama penelitian ini adalah: "Bagaimana efektivitas program terapi rehabilitasi yang diterapkan di RSAB Pekanbaru dalam meningkatkan Rentang Gerak Sendi (ROM) dan mengurangi pembengkakan pada pasien pasca operasi rekonstruksi ACL?" Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas program terapi

rehabilitasi tersebut melalui baterai uji fungsional dan pengukuran objektif (Gokeler et al. 2020). Secara khusus, tujuan penelitian adalah: (a) Menganalisis peningkatan ROM lutut (flekksi dan ekstensi, aktif dan pasif) pada pasien pasca operasi rekonstruksi ACL setelah mengikuti program terapi; dan (b) Menganalisis penurunan pembengkakan lutut (diukur melalui lingkaran lutut) pada pasien pasca operasi rekonstruksi ACL setelah mengikuti program terapi (Wellsandt et al. 2022).

Penelitian ini memiliki urgensi tinggi dari beberapa aspek. Pertama, untuk penguatan *Evidence-Based Practice* (EBP) di bidang fisioterapi dengan menyediakan bukti empiris mengenai protokol rehabilitasi spesifik di suatu institusi (Van Melick et al., 2023). Kedua, untuk optimalisasi hasil klinis dan kepuasan pasien melalui percepatan pemulihan dan peningkatan kualitas layanan. Ketiga, untuk efisiensi biaya kesehatan dengan mencegah terapi yang tidak perlu dan memperpendek durasi perawatan. Keempat, sebagai kontribusi pada ilmu pengetahuan dan dunia kesehatan Indonesia dengan menambah literatur di bidang rehabilitasi muskuloskeletal pasca operasi ACL yang sesuai dengan standar internasional (Ardern et al., 2016).

Anterior Cruciate Ligament (ACL) merupakan ligamen krusial yang memberikan stabilitas anteroposterior dan rotasional pada sendi lutut. Cedera ACL sering terjadi pada aktivitas olahraga dengan gerakan pivoting, cutting, dan landing dengan biomekanik kurang optimal (Webster & Feller, 2019). Robekan ACL menyebabkan ketidakstabilan fungsional dan meningkatkan risiko cedera meniskus serta kerusakan tulang rawan. Indikasi rekonstruksi ACL ditujukan pada pasien aktif dengan keluhan instabilitas dan keinginan kembali berolahraga (Filbay & Grindem, 2019).

Rehabilitasi pasca rekonstruksi ACL adalah komponen esensial untuk

mengembalikan fungsi lutut optimal. Fase rehabilitasi umumnya terbagi menjadi fase akut (fokus pada pengurangan nyeri dan edema), fase intermediate (pemulihan ROM dan kekuatan otot), dan fase advanced (latihan proprioception dan return to sport) (Gokeler et al., 2020).

Defisit ekstensi merupakan prediktor buruk outcome jangka panjang. Pengukuran ROM menggunakan goniometer merupakan *gold standard* dalam penilaian klinis (Nissen et al., 2021). Edema pasca operasi berkorelasi dengan inhibisi neuromuskular dan defisit kekuatan otot quadriceps. Pengukuran lingkaran lutut dengan *tape measure* merupakan metode yang reliabel dan valid (Wellsandt et al., 2022). Dinamometer isokinetik merupakan alat terbaik, namun *manual muscle testing* dan *functional test* juga dapat digunakan dalam setting klinis.

Termasuk *massage* dan mobilisasi sendi, efektif mengurangi nyeri, meningkatkan elastisitas jaringan, dan meningkatkan ROM (Lepley et al., 2022). Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) untuk manajemen nyeri, sedangkan *neuromuscular electrical stimulation* (NMES) kritis untuk memerangi *arthrogenic muscle inhibition* dan atrofi quadriceps (Wright et al., 2021). Latihan ROM progresif (aktif dan pasif), latihan kekuatan (isometrik, isotonik), dan latihan neuromuscular merupakan inti rehabilitasi ACL (Van Melick et al., 2023). Efektif dalam fase akut untuk mengontrol inflamasi, nyeri, dan edema melalui mekanisme vasokonstriksi (Bleakley & Davison, 2020).

Berdasarkan data awal, mayoritas populasi yang menjalani rekonstruksi ACL di lokasi ini berada pada usia produktif dan aktif, dengan persentase tertinggi (54%) berada pada rentang usia 15-25 tahun. Karakteristik subjek didominasi oleh individu yang mengalami cedera pada sisi kanan (64%), yang berkorelasi dengan pola penggunaan kaki dominan sebagai

tumpuan atau penggerak utama dalam aktivitas olahraga seperti sepak bola dan futsal. Dominasi populasi muda dan aktif ini menuntut protokol rehabilitasi yang tidak hanya mampu mereduksi edema (yang pada penelitian ini menunjukkan penurunan sebesar 3,33%), tetapi juga harus secara agresif memulihkan deficit ekstensi dan fleksi guna mencegah komplikasi jangka panjang seperti osteoarthritis dini. Oleh karena itu, data demografi spesifik di RSAB Pekanbaru ini menjadi landasan krusial untuk menguji efektivitas program multimodal dalam menjawab tantangan pemulihan fungsional pada kelompok usia tersebut.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *quasi-experimental* melalui rancangan *non-equivalent control group design* guna membandingkan efektivitas antara kelompok eksperimen yang menerima program terapi rehabilitasi multimodal terpadu dengan kelompok kontrol yang menerima terapi standar rumah sakit. Penelitian dilaksanakan di Instalasi Rehabmedik RSAB Pekanbaru yang berlangsung pada periode 01 Juli hingga 31 November 2025. Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh pasien pasca operasi rekonstruksi *Anterior Cruciate Ligament* (ACL) yang menjalani program rehabilitasi di lokasi tersebut, dengan besar sampel yang ditetapkan sebanyak 26 responden. Sampel tersebut dibagi secara proporsional menjadi dua kelompok, yakni 13 responden untuk kelompok eksperimen dan 13 responden untuk kelompok kontrol, yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan kriteria inklusi ketat untuk menjamin homogenitas subjek.

Sumber data penelitian ini berasal dari data sekunder yang diekstraksi dari rekam medis elektronik dan fisik pasien. Instrumen pengumpul data utama melibatkan penggunaan goniometer universal untuk mengukur derajat Lingkup Gerak Sendi (ROM) lutut pada gerakan fleksi serta ekstensi, baik secara aktif maupun pasif, serta *midline* untuk menilai tingkat pembengkakan melalui teknik *girth measurement* pada titik patella dalam satuan sentimeter. Selain itu, lembar observasi digunakan untuk mendokumentasikan profil demografi subjek dan hasil pengukuran klinis secara periodik. Definisi operasional variabel dalam penelitian ini menempatkan program terapi rehabilitasi multimodal (integrasi terapi manual, elektroterapi TENS, terapi latihan, dan krioterapi) sebagai variabel bebas, sedangkan peningkatan ROM lutut dan penurunan pembengkakan sendi ditetapkan sebagai variabel terikat.

Teknik analisis data dilakukan secara terkomputerisasi menggunakan perangkat lunak SPSS yang diawali dengan analisis statistik deskriptif untuk karakteristik sampel. Uji normalitas *Shapiro-Wilk* diterapkan untuk menentukan sebaran data sebagai dasar pemilihan uji hipotesis. Analisis efektivitas internal pada masing-masing kelompok diuji menggunakan *paired t-test* untuk data berdistribusi normal, sementara perbandingan efektivitas antar kelompok eksperimen dan kontrol dianalisis menggunakan *independent t-test*. Seluruh pengujian statistik dilakukan pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$ dengan tingkat kepercayaan 95% untuk memastikan akurasi hasil penelitian secara empiris.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik responden berdasarkan usia dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 1. Karakteristik Usia Responden

Usia (tahun)	Frekuensi	%
15 -25	7	54
26 – 35	4	31
36 - 45	2	15
Total	13	100

Tabel 1. Menunjukkan bahwa responden yang paling banyak mengikuti penelitian ini Adalah responden berusia antara 15 – 25 tahun atau sebesar 54% dari total responden. Berdasarkan hasil pengumpulan data terhadap 26 subjek penelitian, distribusi sisi cedera responden menunjukkan dominasi pada sisi kanan. Data selengkapnya disajikan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data Deskripsi Sisi Cidera

Sisi Cidera	Frekuensi	Persentase
Kanan	17	65%
Kiri	9	35%
Jumlah	26	100%

Tabel 2 menunjukkan bahwa mayoritas responden mengalami cedera pada sisi kanan, yaitu sebanyak 17 orang (65%), sedangkan sisi kiri sebanyak 9 orang (35%). Hal ini selaras dengan profil klinis di RSAB Pekanbaru di mana sisi kanan merupakan ekstremitas yang lebih dominan digunakan sebagai tumpuan atau penggerak utama dalam aktivitas fisik, sehingga memiliki risiko cedera ACL yang lebih tinggi.

Analisis menggunakan *independent t-test* menunjukkan perbedaan efektivitas yang signifikan antara kedua kelompok pada semua parameter *Range of Motion* (ROM) lutut.

Tabel 3. Perbandingan Capaian ROM Akhir Antar Kelompok (Post-test)

Variabel ROM	Kelompok Eksperimen	Kelompok Kontrol	Selisih	p-value (Inter-group)
	Mean	Mean		
Fleksi Aktif	108°	92,5°	15,5°	0,000
Fleksi Pasif	99,88°	84,2°	15,68°	0,000
Ekstensi Aktif	1,62°	2,15°	0,53°	0,024
Ekstensi Pasif	0,58°	1,45°	0,87°	0,001

Tabel 3. Menunjukkan bahwa terdapat Kelompok Eksperimen mencapai derajat fleksi yang lebih tinggi dan derajat ekstensi yang lebih mendekati normal (0°) dibandingkan Kelompok Kontrol. Peningkatan pada kelompok eksperimen mencapai 24,19% untuk fleksi aktif dan 83,70% untuk ekstensi pasif.

Tabel 4. Hasil Analisis Perbandingan Reduksi Pembengkakan Lutut

Kelompok	Pre test (cm)	Post test (cm)	Penurunan (%)	p-value
Eksperimen	45,0	43,5	3,33%	0,000
Kontrol	45,2	44,7	1,11%	0,062
Uji Beda Antar Kelompok				0,003

Tabel 4. Hasil uji beda menunjukkan nilai $p = 0,003$ ($p < 0,05$), yang berarti terdapat perbedaan penurunan pembengkakan yang signifikan antara Kelompok Eksperimen dan Kelompok Kontrol.

Berdasarkan hasil analisis, Kelompok Eksperimen menunjukkan keunggulan signifikan dalam pemulihan mobilitas sendi dibandingkan Kelompok Kontrol ($p < 0,05$). Hal ini disebabkan oleh sinergi antara *manual therapy* dan *ROM exercise* yang diberikan secara intensif. Teknik *friction* pada terapi manual membantu merelaksasi jaringan lunak dan melepaskan perlengketan pasca-bedah, sementara latihan ROM progresif secara aktif dan pasif menstimulasi mekanoreseptor sendi untuk memulihkan luas gerak. Peningkatan drastis pada ekstensi pasif (83,70%) di kelompok eksperimen sangat krusial, mengingat defisit ekstensi merupakan prediktor utama kegagalan fungsional jangka panjang.

Penurunan pembengkakan pada Kelompok Eksperimen (3,33%) secara statistik jauh lebih unggul dibandingkan Kelompok Kontrol yang hanya turun 1,11%. Keunggulan ini dipicu oleh penggunaan kombinasi krioterapi (kompres es) dan TENS. Krioterapi menginduksi vasokonstriksi untuk membatasi efusi sendi, sedangkan TENS membantu memblokir sinyal nyeri yang seringkali memicu *arthrogenic muscle inhibition*. Reduksi edema yang lebih cepat pada kelompok eksperimen memungkinkan mekanika sendi bekerja lebih optimal, yang secara langsung berkontribusi pada peningkatan nilai ROM dibandingkan kelompok yang hanya menerima terapi standar.

Temuan bahwa terdapat perbedaan signifikan ($p < 0,05$) antar kedua kelompok menegaskan bahwa protokol rehabilitasi pasca-rekonstruksi ACL tidak cukup hanya dengan terapi standar. Integrasi berbagai modalitas dalam fase 2 (minggu 2–6) terbukti secara empiris mempercepat transisi fungsional pasien, seperti kemampuan berjalan tanpa alat bantu yang lebih cepat tercapai pada kelompok eksperimen. Hal ini mendukung adopsi protokol berbasis bukti (*evidence-based practice*) di RSAB Pekanbaru untuk meminimalkan risiko komplikasi permanen.

Peningkatan signifikan pada ROM fleksi aktif (24,19%) dan pasif (31,07%) pada kelompok eksperimen membuktikan bahwa kombinasi terapi manual dan latihan ROM terstruktur mampu memecah adhesi jaringan lunak lebih efektif daripada latihan mandiri standar. Temuan ini didukung oleh Mudrikhah et al. (2012) yang melaporkan peningkatan signifikan pada rentang gerak sendi setelah pemberian latihan ROM secara intensif. Selain itu, keberhasilan pemulihan ekstensi pasif hingga 83,70% pada penelitian ini sejalan dengan penegasan Nissen et al. (2021) bahwa pencapaian ekstensi penuh pada fase awal adalah prediktor utama kesuksesan fungsional jangka panjang. Temuan ini didukung oleh penelitian Mudrikhah et al. (2012) yang juga melaporkan peningkatan signifikan pada rentang gerak sendi setelah pemberian latihan Range of Motion (ROM).

Demikian pula pada ROM fleksi pasif, hasil dari 2 pasien juga signifikan (nilai 0,000). Latihan ROM pasif terbukti bermanfaat untuk memperbaiki tonus otot, meningkatkan mobilitas sendi, dan mencegah penurunan massa otot. Konsistensi temuan ini diperkuat oleh penelitian Sahmad et al. (2018) yang menyimpulkan adanya pengaruh signifikan latihan ROM terhadap fleksibilitas sendi.

Meskipun secara persentase penurunan lingkaran lutut terlihat kecil (3,33%), namun secara statistik perbedaan penurunan antara kelompok eksperimen dan kontrol sangat signifikan ($p < 0,05$). Hal ini mengonfirmasi efektivitas krioterapi dan TENS dalam mengontrol efusi sendi. Sebagaimana dinyatakan oleh Bleakley & Davison (2020), manajemen edema yang agresif pada fase awal sangat krusial karena pembengkakan yang persisten dapat memicu *arthrogenic muscle inhibition* (AMI) yang menghambat aktivasi otot kuadrisep.

Meskipun riset mengenai protokol rehabilitasi spesifik di Indonesia masih terbatas, temuan di RSAB Pekanbaru ini memiliki konsistensi dengan standar internasional. Hasil penelitian ini memperkuat teori dari Van Melick et al. (2023) dalam *British Journal of Sports Medicine* yang merekomendasikan pendekatan multimodal berbasis bukti untuk mempercepat waktu *return-to-sport* secara aman. Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan kontribusi empiris baru bagi literatur rehabilitasi muskuloskeletal di Indonesia, khususnya dalam konteks efektivitas modalitas terpadu pada fase menengah pasca-operasi ACL.

Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi program rehabilitasi multimodal yang mengintegrasikan terapi manual, elektroterapi (TENS), terapi latihan, dan krioterapi terbukti secara empiris lebih efektif dalam memulihkan fungsi lutut pasien pasca-rekonstruksi

ACL dibandingkan dengan terapi standar. Temuan ini menegaskan bahwa sinergi antar-modalitas mampu mengatasi hambatan pemulihan fase menengah secara lebih komprehensif, terutama dalam memecah adhesi jaringan lunak dan menekan inflamasi persisten yang sering memicu kegagalan rehabilitasi dini. Secara klinis, pendekatan terpadu ini memberikan kontribusi nyata terhadap pencapaian ekstensi penuh dan peningkatan mobilitas sendi, yang berdampak langsung pada kemandirian fungsional pasien serta percepatan transisi untuk berjalan tanpa alat bantu secara aman.

Berdasarkan temuan tersebut, disarankan bagi institusi layanan kesehatan untuk mengadopsi protokol multimodal ini sebagai standar pelayanan dengan memberikan penekanan khusus pada latihan mobilitas pasif dan manajemen edema yang agresif. Praktisi klinis perlu memprioritaskan individualisasi program yang didasarkan pada respons fungsional pasien melalui monitoring objektif yang rutin menggunakan goniometer dan alat ukur lingkaran sendi. Selain itu, penguatan edukasi mengenai program latihan mandiri di rumah menjadi krusial untuk menjamin konsistensi pemulihan. Untuk pengembangan ilmu pengetahuan, penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperluas cakupan observasi pada luaran jangka panjang guna mengevaluasi efektivitas protokol ini terhadap pencegahan risiko osteoarthritis dini dan kesiapan pasien kembali berolahraga secara penuh.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Universitas Awal Bros yang telah memberikan kesempatan kepada peneliti untuk melakukan penelitian ini, dan kepada pimpinan dan seluruh tenaga kesehatan Rumah Sakit Awal Bros Pekanbaru yang telah ikut membantu selama proses penelitian.

Referensi

- Ardern, C.L. *et al.* (2016). 2016 Consensus statement on return to sport from the First World Congress in Sports Physical Therapy, Bern. *British Journal of Sports Medicine*, 50(14), hlm. 853–864.
- Bleakley, C. dan Davison, G. (2020). Cryotherapy and inflammation: evidence beyond the cardinal signs. *Physical Therapy Reviews*, 25(3), hlm. 211–221.
- Filbay, S.R. dan Grindem, H. (2019). Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 33(1), hlm. 33–47.
- Gokeler, A. *et al.* (2020). Development of a test battery to enhance safe return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 28(8), hlm. 2443–2451.
- Grindem, H. *et al.* (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), hlm. 804–808.
- Lepley, L.K., Davi, S.M. dan Burland, J.P. (2022). The efficacy of manual therapy techniques in the rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 30(1), hlm. 4–15.
- Logerstedt, D.S. *et al.* (2017). Knee Stability and Movement Coordination Impairments: Knee Ligament Sprain Revision 2017. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 47(11), hlm. A1–A47.
- Nissen, K.A. *et al.* (2021). Knee extension deficit in the early phase after anterior cruciate ligament reconstruction is an important predictor of inferior knee function at 2-year follow-up. *The American Journal of Sports Medicine*, 49(5), hlm. 1155–1164.
- Van Melick, N. *et al.* (2023). Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 57(5), hlm. 280–291.
- Webster, K.E. dan Feller, J.A. (2019). Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *British Journal of Sports Medicine*, 53(22), hlm. 1394–1403.
- Wellsandt, E. *et al.* (2022). Limb symmetry indexes can overestimate knee function after anterior cruciate ligament injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 52(4), hlm. 195–202.
- Wright, R.W. *et al.* (2021). Effect of neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction on quadriceps strength, function, and patient-oriented outcomes: a randomized clinical trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 103(12), hlm. 1078–1088.