

FINAL PAPER

**PERBANDINGAN HASIL FUNGSIONAL POST
ARTHROSKOPI REKONSTRUKSI *ANTERIOR
CRUCIATE LIGAMENT* DENGAN MENGGUNAKAN
HAMSTRING DAN PERONEOUS LONGUS TENDON
AUTOGRAFT**

**A Comparison of Knee Functional Outcomes Post Arthroscopic ACL
Reconstruction using Hamstring and Peroneous Longus autograft**



Oleh :
Gerald Wonggokusuma

Pembimbing:

Dr. dr. Muhammad Sakti, SpOT(K)
Dr Jainal Arifin , M Kes, SpOT (K)

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI ORTOPEDI DAN TRAUMATOLOGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**A COMPARISON OF KNEE FUNCTIONAL OUTCOMES POST
ARTHROSCOPIC ACL RECONSTRUCTION USING HAMSTRING
AND PERONEAL LONGUS AUTOGRAFT**

Karya Akhir

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Spesialis

Program Studi Spesialis-1

Pendidikan Dokter Spesialis Ortopedi dan Traumatologi

Disusun dan diajukan oleh

Gerald Wonggokusuma

Kepada

**KONSENTRASI PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI ORTOPEDI DAN TRAUMATOLOGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

KARYA AKHIR

**A COMPARISON OF KNEE FUNCTIONAL OUTCOMES
POST ARTHROSCOPIC ACL RECONSTRUCTION USING
HAMSTRING AND PERONEOUS LONGUS AUTOGRAFT**

Disusun dan diajukan oleh :

Gerald Wonggokusuma

Nomor Pokok : C145172001

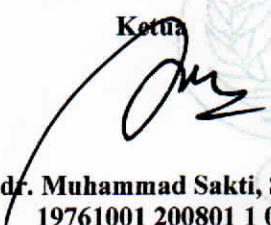
telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Pendidikan Dokter Spesialis Program Studi
Orthopedi dan Traumatologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin pada
tanggal 16 Maret 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui ,

Komisi Penasihat

Ketua

Anggota


DR. dr. Muhammad Sakti, Sp.OT (K)
19761001 200801 1 013



dr Jainal Arifin , M Kes, SpOT (K) Spine
19751111 200912 1 004

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Ketua Program Studi
Orthopedi dan Traumatologi

Dekan Fakultas Kedokteran
Universitas Hasanuddin


dr. Muhammad Andry Usman, Ph.D, Sp. OT (K)
NIP. 19750404 200812 1 001



Prof. DR. H. Haezqi Rasyid , SPPD, KGH, SpGK, M Kes
NIP. 19680530 199603 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Gerald Wonggokusuma
No. Stambuk : C145172001
Program Studi : PPDS-1 Orthopedi dan Traumatologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 29 Maret 2022

Yang meyakini,

A 10,000 Indonesian postage stamp (METERAI TEMPEL) with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SEJULUH RIBU RUPIAH', '10000', 'METERAI TEMPEL', and the serial number '5A96AAJX577805250'.

Gerald Wonggokusuma

ABSTRAK

GERALD W.. *Perbandingan Hasil Fungsional Post-Arthroscopi Rekonstruksi Anterior Cruciate Ligament dengan Menggunakan Hamstring dan Peroneous Longus Tendon Autograft* (dibimbing oleh Muhammad Sakti dan Jainal Arifin).

Penelitian ini bertujuan memahami perbandingan antara hasil fungsional post-Arthroscopi rekonstruksi anterior *cruciate ligament* dengan menggunakan *Hamstring dan Peroneous longus tendon autograft*.

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan pendekatan potong lintang terhadap pasien yang menjalani ACL rekonstruksi. Waktu penelitian Januari 2019 – Juni 2020 dengan lokasi seluruh rumah sakit di Makassar. Pasien harus memenuhi kriteria inklusi, antara lain memiliki kelainan lutut lain selain ACL, infeksi pascaoperasi, dan dengan *General Laxity*. Selanjutnya, data sekunder diambil dan dikelompokkan menjadi pasien pascarekonstruksi ACL menggunakan *Graft Hamstring* dan *Graft Peroneous*. Fungsi klinis pasien dinilai dengan menggunakan kuesioner *Lysome Knee Score*, *International knee documented chart score*, pengukuran anterior *translation* lutut, *range of motion* flexi ekstensi lutut, *power grading flrxy* – ekstensi lutut dan pengukuran lingkaran paha pasien. Data statistik diproses dengan uji-T alternatif, yaitu uji *Wilcoxon signed rank test*, *chi-Square*, dan uji Mann Whitney.

Hasil penelitian mendapatkan 84 pasien yang dikelompokkan menjadi kelompok "Hamstring" (n=51) dan "Peroneous Longus" (n=33) dengan rerata usia $26,2 \pm 5,9$ di kelompok Hamstring dan rerata usia $26,4 \pm 6,6$ di kelompok "Peroneous Longus". Lebih banyak jenis kelamin laki-laki di kedua kelompok ini (88,2% Hamstring vs 84,8% Peroneous) dan lokasi lutut dominan yang terkena berbeda di dua kelompok (lutut kanan 56% (Hamstring) vs lutut kiri 60,6% (Peroneous)). Hasil uji statistik kelompok *Hamstring dan Peroneous* pada bulan ke-6 dan ke-12 pascaoperasi untuk *Lysome Score*, *IKDC Skor*, translasi anterior, *power grading Flexi-ExtensiROM* Fleksi didapatkan nilai $p < 0,05$, namun di atrofi otot didapatkan nilai $p = 0,001$ untuk kedua kelompok tersebut dengan nilai median Hamstring 0,4 dan Peroneous 0,1. Penelitian saat ini tidak didapatkan hasil berbeda signifikan antara kelompok Hamstring dan Peroneous dalam hal fungsional *Lysome*, *IKDC*, anterior *translation*, *power grading* dan *range of motion*. Namun, harus diingat bahwa terdapat insiden atrofi otot paha di kelompok Hamstring sebesar $\pm 0,3$ cm dibandingkan kelompok Peroneous walaupun sudah menjalani protokol rehabilitasi medic. Hasil kajian ini dapat menyediakan pilihan baru kepada ahli bedah ortopedi untuk menjadikan *Peroneus Longus Graft* sebagai salah satu pilihan *graft* dalam operasi rekonstruksi ACL.

Kata kunci: hamstring, peroneous, rekonstruksi ACL, fungsi klinis



ABSTRACT

GERALD W. *Comparison of Knee Functional Outcomes Post Arthroscopic ACL Reconstruction Using Hamstring and Peroneous Longus Autograft* (Supervised by **Muhammad Sakti and Jainal Arifin**)

The aim of this research is to evaluate comparison of knee functional outcomes post arthroscopic reconstruction using hamstring and peroneous longus autograft.

The design was an observational analysis with a cross-sectional approach in patients undergoing ACL reconstruction from January 2019 – June 2020 at the Makassar Hospital. We excluded patients with knee abnormalities other than ACL, postoperative infection and Patient with General Laxity Condition. Secondary data were taken, then grouped into Post ACL Reconstruction Patients using Hamstring Graft and Peroneous Grafts. Clinical Function Patients were assessed using the Lysholm Knee Score, International Knee Documented Chart Score, Anterior Translation Knee Measurements, Range of Motion Knee Flexion, Power Grading Flexion – Extension and Measurement of the patient's thigh circumference. Statistical data were processed with the Alternative T test, Which were the Wilcoxon Signed Rank Test, Chi-Square and Mann-Whitney Test.

The results of study show that there are 84 patients who are grouped into "Hamstring" (n = 51) and "Peroneous Longus" (n = 33) groups, with a mean age of 26.2 ± 5.9 in Hamstring Group, and a mean age of 26.4 ± 6.6 in Peroneous Groups. There were more males in both groups (88.2% Hamstring vs 84.8% Peroneous) and the dominant knee affected was different in the two groups (Right knee 56% in Hamstring Group and Left knee 60.6% in Peroneous Group). The results of the Hamstring Group Statistical Test with Peroneous at 6 months and 12 months postoperatively for Lysholm score, IKDC Score, anterior translation, Power Grading Flexi-Extension ROM Flexi got P value < 0.05 but in Muscle Atrophy Hamstring compared to Peroneous Group obtained P value = 0.001. Medium value is 0.4 Hamstring and 0.1 for Peroneous.

This research does not show significant differences between the Hamstring and Peroneous Groups in terms of functional Lysholm, IKDC, Anterior Translation, Power Grading and Range of motion but it must be remembered that the incidence of thigh muscle atrophy in the hamstring group is ± 0.3 cm more compared to the Peroneous Group. In spite of undergoing the same Medical Rehabilitation Protocol, based on the results of this study, it can provide a new option for orthopedic surgeons to make the Peroneous Longus Graft as one of the graft options in ACL reconstruction surgery.

Keywords: Hamstring, Peroneous, ACL, Reconstruction, Clinical Function



KATA PENGANTAR

Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat, karunia, rahmat kesehatan, dan keselamatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penelitian ini tepat pada waktunya. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orangtua, serta keluarga besar penulis, pembimbing, dan teman-teman yang telah mendukung dalam penulisan penelitian ini.

Penulisan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pencapaian pembelajaran dalam Program Pendidikan Spesialis 1 Bidang Ilmu Ortopedi dan Traumatologi serta memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis dengan terbuka menerima segala saran dan kritik yang membangun guna menyempurnakan penelitian ini. Akhir kata, penulis berharap agar penelitian ini memberi manfaat kepada banyak orang.

Makassar, 2022

*

Gerald Wonggokusuma

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.3.1 TUJUAN UMUM	3
1.3.2 TUJUAN KHUSUS	3
1.4 KEGUNAAN PENELITIAN	4
1.4.1 KEGUNAAN TEORITIS	4
1.4.2 KEGUNAAN PRAKTIS	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS	5
2.1 KAJIAN PUSTAKA	5
2.1.1 Anatomi Pada Cedera <i>Anterior Cruciate Ligament</i> (ACL)	5
2.1.1.1 Otot Harmstring	8
2.1.1.2 Otot Peroneus Longus	10
2.1.2 Fisiologi pada <i>Anterior Cruciate Ligament</i> (ACL)	10
2.1.3 Biomekanik pada <i>Anterior Cruciate Ligament</i> (ACL)	11
2.1.4 Patomekanisme Cedera pada <i>Anterior Cruciate Ligament</i> (ACL)	11
2.1.5 Derajat Cedera pada <i>Anterior Cruciate Ligament</i> (ACL)	12
2.1.6 Pemeriksaan Penunjang <i>Anterior Cruciate Ligament</i> (ACL)	12
2.1.7 Histology <i>Anterior Cruciate Ligament</i> (ACL)	15
2.1.8 Diagnosa Cedera <i>Anterior Cruciate Ligament</i> (ACL)	17
2.1.8.1 Anamnesis	17
2.1.8.2 Pemeriksaan Fisik	18
2.1.9 Penatalaksanaan Cedera ACL	22
2.1.10 Penyembuhan Graft	26

2.1.11	Komplikasi	29
2.2	KERANGKA PENELITIAN	30
2.3	HIPOTESIS PENELITIAN	30
BAB III BAHAN/ METODE DAN OBJEK PENELITIAN		31
3.1	BAHAN/ OBJEK PENELITIAN	31
3.1.1	Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.1.2	Populasi Penelitian	31
3.1.3	Sampel Penelitian dan Cara Pengambilan Sampel	31
3.1.4	Besaran Sampel Penelitian	32
3.1.5	Kriteria Inklusi dan Eksklusi	32
3.1.5.1	Kriteria Inklusi	32
3.1.5.2	Kriteria Eksklusi	32
3.1.6	Alat dan Bahan	33
3.2	METODE PENELITIAN	34
3.2.1	Desain Penelitian	34
3.2.2	Cara Penelitian	34
3.2.3	Kerangka Teori	35
3.2.4	Peta Teori	35
3.2.5	Konseptual Framework	36
3.2.6	Alur Penelitian	36
3.2.7	Definisi Operasional	37
3.2.8	Identifikasi dan Klasifikasi Variabel	39
3.2.8.1	Variabel Independen	39
3.2.8.2	Variabel Dependen	39
3.2.9	Analisis Statistik	40
3.2.10	Ethical Clearance	40
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		41
4.1	HASIL PENELITIAN	41
4.1.1	Distribusi Jenis Kelamin, Umur dan Lokasi Anatomis	41
4.1.2	Hasil Uji Statistik <i>Lysome Knee Score</i> (LKS Score)	45

4.1.3 Hasil Uji Statistik <i>International Knee Documentation Committee (IKDC)</i>	46
4.1.4 Hasil Uji Statistik <i>Mobile Aider</i>	48
4.1.5 Hasil Uji Statistik <i>Thigh Diameter</i>	49
4.1.6 Hasil Uji Statistik <i>Power Grading Extension</i>	50
4.1.7 Hasil Uji Statistik <i>Power Grading Flexion</i>	52
4.1.8 Hasil Uji Statistik <i>Range of Motion Knee Extension</i>	53
4.1.9 Hasil Uji Statistik <i>Range of Motion Knee Flexion</i>	55
4.2 PEMBAHASAN	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 KESIMPULAN	59
5.2 SARAN	60
DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Anatomi <i>Anterior Cruciate Ligament</i>	5
Gambar 2. Ada Dua Bundle dari ACL, AM (A'A) dan PL (B'B)	6
Gambar 3. Sisi Dalam Kondilus <i>Os Femur Lateral</i>	7
Gambar 4. Arthroskopi Kondilus <i>Os Femur Lateral</i>	8
Gambar 5. Inseri ACL	8
Gambar 6. Otot <i>Harmstring</i>	9
Gambar 7. Otot <i>Peroneus Longus</i>	10
Gambar 8. Fraktur <i>Segond</i>	13
Gambar 9. <i>Deep Sulcus Terminal Sign</i>	14
Gambar 10. <i>Sagittal View of ACL tear</i>	15
Gambar 11. Serat ACL Tidak Menjangkau Femur	15
Gambar 12. Gambaran Histologi Inseri ACL ke Tulang Menggunakan Pewarnaan <i>Hematoxylin Eosyn</i>	16
Gambar 13. Gambaran Histologi 1-2 Minggu Setelah Dilakukan Rekonstruksi ACL pada Sisi Inseri	16
Gambar 14. Gambaran Histologi 3-4 Minggu Setelah Dilakukan Rekonstruksi ACL pada Sisi Inseri	17
Gambar 15. Ilustrasi Mekanisme Cedera pada ACL	18
Gambar 16. Uji <i>Lachman</i>	20
Gambar 17. Uji <i>Pivot Shift</i>	20
Gambar 18. Uji <i>Anterior Drawer</i>	21
Gambar 19. Ilustrasi Uji <i>Lelli</i>	21
Gambar 20. <i>KT-1000 Artrometer</i>	22

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Definisi Operasional Penelitian	37
Tabel 4.1. Diagram Sampel Karakteristik Berdasarkan Gender pada Hamstring Autograft	42
Tabel 4.2. Diagram Sampel Karakteristik Berdasarkan Usia pada Hamstring Autograft	42
Tabel 4.3. Diagram Sampel Karakteristik Peroneus Longus Tendon Autograft Berdasarkan Jenis Kelamin	43
Tabel 4.4. Diagram Sampel Karakteristik Peroneus Longus Tendon Berdasarkan Usia	43
Tabel 4.5. Autograft Hamstring Tendon Berdasarkan Sisi Lutut yang Terkena	44
Tabel 4.6. Autograft Peroneus Tendon Berdasarkan Sisi Lutut yang Terkena	44
Tabel 4.7. Perbandingan Lysholm Score bulan 6-12 pada Graft Hamstring ..	45
Tabel 4.8. Perbandingan Lysholm Score bulan 6-12 pada Graft Peroneus	45
Tabel 4.9. Perbandingan Lysholm Score bulan 6 dan 12 pada Graft Hamstring dibandingkan Peroneus	46
Tabel 4.10. Perbandingan IKDC Score bulan 6-12 pada Graft Hamstring	47
Tabel 4.11. Perbandingan IKDC Score bulan 6-12 pada Graft Peroneus	47
Tabel 4.12. Perbandingan IKDC Score bulan 6 dan 12 pada Graft Hamstring dibandingkan Peroneus	47
Tabel 4.13. Perbandingan Mobile Aider bulan 6-12 pada Graft Hamstring ...	48
Tabel 4.14. Perbandingan Mobile Aider bulan 6-12 pada Graft Peroneus	48
Tabel 4.15. Perbandingan Mobile Aider bulan 6 dan 12 pada Graft Hamstring dibandingkan peroneus	49
Tabel 4.16. Perbandingan Thigh Diameter bulan 6-12 pada Graft Hamstring	49
Tabel 4.17. Perbandingan Thigh Diameter bulan 6-12 pada Graft Peroneus	50
Tabel 4.18. Perbandingan Thigh Diameter bulan 6 dan 12 pada Graft Hamstring dibandingkan peroneus	50
Tabel 4.19. Perbandingan Power Grading Extension bulan 6-12 pada Graft Hamstring	51
Tabel 4.20. Perbandingan Power Grading Extension bulan 6-12 pada Graft Peroneus	51
Tabel 4.21. Perbandingan Power Grading Extension bulan 6 dan 12 pada Graft Hamstring dibandingkan Peroneus	51

Tabel 4.22. Perbandingan Power Grading Flexion bulan 6-12 pada Graft Hamstring	52
Tabel 4.23. Perbandingan Power Grading Flexion bulan 6-12 pada Graft Peroneus	53
Tabel 4.24. Perbandingan Power Grading Flexion bulan 6 dan 12 pada Graft Hamstring dibandingkan Peroneus	53
Tabel 4.25. Perbandingan ROM Extension bulan 6-12 pada Graft Hamstring	54
Tabel 4.26. Perbandingan ROM Extension bulan 6-12 pada Graft Peroneus	54
Tabel 4.27. Perbandingan ROM Extension bulan 6 dan 12 pada Graft Hamstring dibandingkan Peroneus	54
Tabel 4.28. Perbandingan ROM Flexion bulan 6-12 pada Graft Hamstring ..	55
Tabel 4.29. Perbandingan ROM Flexion bulan 6-12 pada Graft Peroneus	55
Tabel 4.30. Perbandingan ROM Flexion bulan 6 dan 12 pada Graft Hamstring dibandingkan Peroneus	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Ligamen krusiatum anterior/*anterior cruciate ligament* (ACL) merupakan struktur intra-artikular yang penting untuk pergerakan normal pada sendi lutut. Angka kejadian cedera ACL mencapai hingga 200.000 kasus setiap tahunnya bahkan diprediksi akan terus bertambah. Sekitar 70% dari kasus cedera ACL diakibatkan oleh aktivitas olahraga.¹

Seiring berjalannya kemajuan alat dan teknik operasi, maka banyak sekali tindakan operatif yang bisa dilakukan untuk tindakan Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, dimana semua teknik tersebut akan mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing^{1,2}

Pada Umumnya Terdapat empat jenis *graft* yang dapat digunakan dalam rekonstruksi ACL, yaitu *patella tendon* (PT), *4-strand hamstring* (HS, terbentuk dari tendon grasilis dan semintendinosus), *quadriceps tendon*, dan *peroneus longus tendon* (PL). Baik cangkok jaringan yang berasal dari pasien sendiri (*autograft*) memiliki angka keberhasilan lebih dari 95% pada tindakan rekonstruksi yang menghasilkan sendi lutut yang stabil.^{1,3}

Hamstring Tendon belakangan ini juga dikenal sebagai secondary stabilizer terhadap Sendi Lutut dan Sendi Panggul, Maka Ketika Otot Hamstring lebih lemah,

dibandingkan Otot Quadriceps maka akan terjadi ketidakseimbangan pergerakan Otot Flexor dan Extensor yang mengakibatkan Stress bertambah terhadap Anterior Cruciate Ligament. ^{1,3}

Penelitian yang dilakukan oleh Hardy et al menyatakan bahwa terdapat kelemahan pada Gerakan flexi dan internal rotasi pada lutut yang diambil Hamstringnya, Penelitian yang dilakukan Sheila McRae, et al Menyatakan bahwa terdapat kelemahan gerak fleksi konsentrik sendi lutut. Penelitian Yasuda and colleagues Menyatakan bahwa tidak ada perbedaan morbiditas pada lutut yang hamstring tendonnya diambil sebagai graft dibandingkan dengan lutut yang tidak diambil hamstring tendonnya sebagai graft. ⁴

Karena banyaknya komplikasi sendi lutut yang melibatkan cangkuk tendon patella dan hamstring pada rekonstruksi ACL, maka solusi baru yang diusulkan adalah penggunaan Teknik Operasi dengan melakukan Anterior Cruciate Ligament Reconstruction menggunakan Peroneous Longus Tendon. ⁵

Para ahli memperkirakan bahwa *peroneus longus tendon* (PLT) mempunyai kekuatan graft otot yang hampir menyerupai kekuatan ACL sehingga dapat digunakan untuk menggantikan ACL. ^{5,6}

Studi perbandingan Hasil Fungsional Post Arthroscopi Rekonstruksi *Anterior Cruciate Ligament* dengan menggunakan Hamstring dan Peroneous Longus Tendon Autograft yang sesuai untuk populasi Indonesia khususnya di Makassar belum pernah dilakukan sehingga menjadi landasan ide penelitian ini

1.2 RUMUSAN MASALAH

Bagaimana perbandingan hasil fungsional Post Artroskopi Rekonstruksi Anterior Cruciate Ligament dengan menggunakan Hamstring dan Peroneous Longus Tendon Autograft?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

1.3.1 TUJUAN UMUM

Untuk memahami perbandingan antara hasil fungsional Post Artroskopi Rekonstruksi Anterior Cruciate Ligament dengan menggunakan Hamstring dan Peroneous Longus Tendon Autograft.

1.3.2 TUJUAN KHUSUS

1. Untuk mengevaluasi fungsi lutut dan tingkat aktivitas rekonstruksi artroskopi ligamen anterior menggunakan Hamstring tendon autograft.
2. Untuk mengevaluasi fungsi lutut dan tingkat aktivitas rekonstruksi artroskopi Ligamen Krusiatum Anterior menggunakan Peroneous Longus Tendon Autograft.

1.4 KEGUNAAN PENELITIAN

1.4.1 KEGUNAAN TEORITIS

Memberikan konfirmasi ilmiah tentang perbandingan hasil fungsional Post Artroskopi Rekonstruksi Anterior Cruciate Ligament dengan menggunakan Hamstring dan Peroneous Longus Tendon Autograft.

1.4.2 KEGUNAAN PRAKTIS

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan oleh dokter dalam skema menggunakan Hamstring tendon autograft versus Peroneous Longus tendon autograft pada rekonstruksi ligamen krusiatum anterior secara artroskopi.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS

2.1. KAJIAN PUSTAKA

2.1.1. Anatomi pada cedera *Anterior Cruciate Ligament* (ACL)

Ligamen krusiatum anterior atau *Anterior Cruciate Ligament* (ACL) adalah ligamen yang memanjang dari eminensia interkondilaris tibia bagian anterior hingga kondilus *os femur* lateralis bagian posteromedial (Gambar 1). ACL divaskularisasi oleh arteri genikulata media. Fungsi utama dari ACL adalah mencegah *os tibia* bergeser ke arah anterior dan sebagai penyokong gerakan *helicoid* sendi lutut, sehingga mencegah terjadinya kerusakan permukaan sendi lutut dan meniskus.¹²



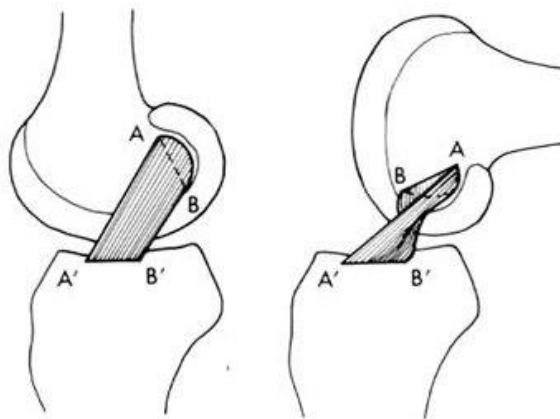
Gambar 1. Anatomi Anterior Cruciate Ligament merupakan rangkaian kompleks helikal yang luas

Saat ini ada dua teori mengenai anatomi ACL yang berkembang. Teori yang pertama menyatakan bahwa ACL terdiri dari dua bundel yang terpisah, yaitu bundel anteromedial dan posterolateral. Teori kedua menyatakan bahwa ACL hanya terdiri dari satu bundel berbentuk seperti pita yang akan terlihat seperti dua bundel

tergantung posisi dari lutut. Bentuk pita digambarkan mempunyai dua sisi, dimana sisi depan akan tegang bila lutut dalam posisi fleksi dan sisi belakang akan tegang dalam posisi ekstensi. Komposisi dari ACL terdiri dari 90% kolagen tipe I dan 10% kolagen tipe III.

Double Bundle ACL

ACL tersusun dari dua rangkaian bundel yang dinamakan berdasarkan letak pelekatannya pada *os femur* dan *os tibia*, yaitu bundel anteromedial (AM) yang tegang pada posisi fleksi dan bundel posterolateral (PL) yang lebih konveks dan tegang pada posisi ekstensi (*Gambar 2*).² Sekitar 26% dari sendi lutut hanya memiliki rangkaian satu bundel ACL saja dan juga ada yang tersusun dari tiga rangkaian bundel yaitu ditambah bundel intermediate.³ Namun secara umum ACL memiliki dua rangkaian bundel yang berbeda.⁴ Studi anatomi menunjukkan bahwa ACL memiliki panjang antara 31-88 mm dan lebar antara 10-12 mm.⁵ Bundel AM memiliki lebar 6-7 mm sedangkan bundel posterolateral 5-6 mm.^{12,13}

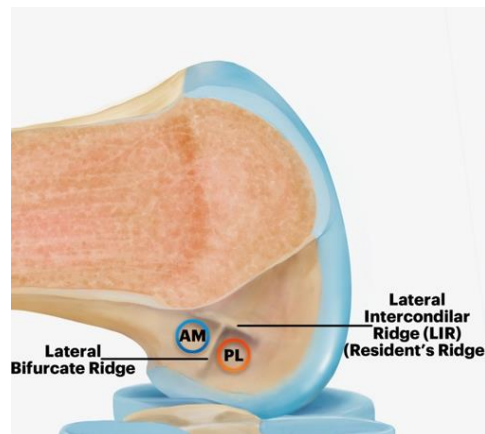


Gambar 1. Ada dua bundel dari ACL, AM (A'A) dan PL (B'B)

Pada sisi dalam kondilus lateral *os femur*, *ridge* interkondilus lateralis (*Resident's Ridge*) dan *ridge* bifurkasio lateralis (*cruciate ridge*) digunakan untuk mengidentifikasi titik perlekatan yang berbeda dari rangkaian bundel AM dan PL dari ACL.¹²

Konsep Pita ACL

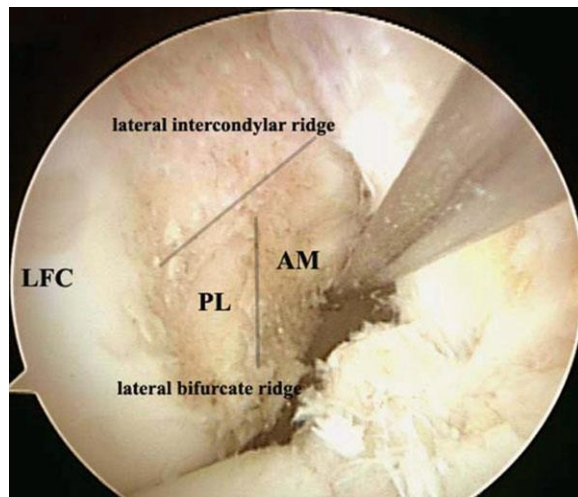
Menurut *Smiegelski*, ACL merupakan satu bundel yang berbentuk seperti pita, bukan merupakan dua buah bundel. Ini didasarkan oleh penelitiannya dengan menggunakan 111 kadaver yang menunjukkan bahwa struktur ACL berbentuk seperti satu buah pita yang pipih tanpa adanya batas yang jelas antara bundel AM dan PL (Gambar 2). Bentuk pita ini persis bersambungan dengan bagian posterior korteks *os femur*. Pemahaman anatomi ACL ini sangat penting dalam mempertimbangkan pilihan *graft* dan proses rekonstruksi ACL.¹³



Gambar 2. Sisi Dalam Kondilus *Os Femur* Lateral.

Tampak tempat melekat bundel AM dan PL berada di bawah *Resident's Ridge* dan dipisahkan oleh *Lateral Bifurcate Ridge*.⁸

ACL merupakan struktur yang berada pada intrakapsular namun ekstrasinovial. Vaskularisasi dari ACL bersumber dari arteri genikulatum media dan juga difusi dari selaput sinovial.⁹ Persarafan ACL terdiri dari beberapa mekanoreseptor yang berasal dari saraf tibialis dan memiliki kontribusi dalam sensasi proprioseptif lutut.^{10,11} ACL hampir tidak memiliki serabut sensoris rasa nyeri, hal ini menyebabkan rasa nyeri terasa minim saat terjadi robekan akut pada ACL, sedangkan hemartrosis yang berkembang kemudian terasa menyakitkan.¹⁴



Gambar 3. Artroskopi Kondilus Os Femur Lateral. Tampilan artroskopi tempat perlekatan bundel AM dan PL dari ACL terhadap *Cruciate Ridge* dan *Resident's Ridge*.¹



Gambar 4. Inseri ACL. Titik putih menunjukkan perlekatan bundel AM pada *Os Tibia*, sedangkan titik hitam menunjukkan perlekatan bundel PL pada *Os Tibia*.¹

2.1.1.2. Otot Harmstring

Otot hamstring merupakan salah satu kelompok otot besar yang terdiri dari 3 kumpulan otot diantaranya otot semitendinosus, otot semimembranosus, dan otot biceps femoris (Gambar 6). Letaknya pada superficial bagian posterior dari panggul

dan lutut yang melewati 2 persendian (biarticular) yaitu sendi panggul dan sendi lutut (Luque-Suarez et al.,2012). Otot hamstring berorigo dibawah otot gluteus maximus pada tulang pelvis (tuberosity of ischiadicus) dan berinsertio pada tulang tibia,persyarafannya dilakukan oleh N.Ischiadicus (Netter,2011). Otot hamstring adalah otot yang bertipe *primarily fast-twitch* dan *powerful movement*, sehingga otot hamstring tahan terhadap beban yang berlebih tapi cepat lelah saat pengulangan berlebih. Otot ini berfungsi sebagai penggerak utama gerakan lutut fleksidan juga gerakan sendi panggul ekstensi yang membantu kerja dari otot gluteus maximus. Pada saat jalan fungsi dari otot hamstring adalah saat fase deselerasi pada bidang sagittal. Otot hamstring disebut sebagai otot mobilisasi yang berfungsi sebagai otot im balance sehingga mudah mengalami pemendekan(Luque-Suarez et al.,2012). Otot Semitendinosus memiliki origo pada *Ischial Tuberosity* dan berinsersi di tibia medial proximal ,dipersarafi oleh saraf sciatic, berfungsi untuk ekstensi paha dan fleksi lutut. Otot semimembranosus berorigo di *Ischial Tuberosity* dan bersinsersi di tibia medial proximal, dipersarafi oleh saraf sciatic, dan berfungsi untuk ekstensi paha dan fleksi lutut. Otot Biceps Femoris terdiri dari *Long Head* dan *Short Head*. Otot Biceps Femoris *Long Head* Berorigo di *Ischial Tuberosity*, Berinsersi di Caput fibula, dipersarafi oleh saraf sciatic, dan berfungsi untuk ekstensi paha dan fleksi lutut. Otot Biceps Femoris *Short Head* berorigo pada linea aspera, dan garis supracondiler, berinsersi di fibula dan tibia lateral, dipersarafi oleh saraf sciatic , dan berfungsi untuk ekstensi paha dan fleksi lutut.



Gambar 6. Otot Harmstring

2.1.1.3. Otot Peroneus Longus

Peroneus Longus juga dikenal sebagai fibularis longus berasal dari bagian proksimal permukaan lateral batang fibula, Bagian insersi dari peroneus longus yaitu plantar medial cuneiform, dan metatarsal pertama, dan susunan saraf yang menyusunnya adalah superficial peroneal, Fungsi dari otot peroneus longus yaitu kaki plantarfleksi.



Gambar 7. Otot Peroneus Longus

2.1.2. Fisiologi pada *Anterior Cruciate Ligament (ACL)*

ACL juga merupakan penyeimbang sekunder pada gerakan rotasi internal dan angulasi valgus pada sendi lutut.¹³ Saat ekstensi maksimal pada sendi lutut, terdapat perbedaan panjang yang signifikan antara kedua bundel ACL. Bundel anteromedial lebih panjang dibanding bundel posterolateral.¹⁴ Juga harus diperhatikan saat posisi lutut fleksi, kedua bundel ACL akan berorientasi menjadi lebih horizontal. Ketika sendi lutut fleksi, bundel anteromedial akan sedikit melakukan rotasi eksternal pada aksis longitudinal, serta tampak seperti mengelilingi bundel posterolateral. Panjang kedua bundel ACL berubah-ubah menyesuaikan dengan derajat gerakan fleksi sendi lutut, yang menandakan bahwa kedua struktur tersebut tidak isometrik. Bundel anterolateral memanjang dan

menegang pada posisi fleksi, sedangkan bundel posterolateral memendek dan mengendur saat fleksi. Namun dalam kondisi sendi lutut ekstensi, bundel anteromedial mengendur dan bundel posterolateral menegang. Dengan demikian bundel anteromedial merupakan struktur utama yang mencegah gerakan translasi anterior *os tibia*.^{15,16,17} Bundel anteromedial dan posterolateral tersusun secara horizontal saat posisi sendi lutut fleksi lebih dari 90°. ^{18,19}

2.1.3. Biomekanik pada *Anterior Cruciate Ligament* (ACL)

Pada posisi sendi lutut ekstensi maksimal, ACL menyerap 75% dari beban gerakan translasi anterior dan 85% dari beban saat sendi lutut fleksi antara 30° dan 90°. ²⁰ Kerusakan ACL menyebabkan sendi lutut tidak stabil dan sendi lutut mengalami penurunan kemampuan dalam melakukan gerakan-gerakan normal. Meskipun terdapat banyak penelitian yang dilakukan untuk menentukan biomekanik ACL, tetap tidak ada satu pengujian khusus untuk menilai tingkat regangan dan orientasinya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bundel anterior memiliki tingkat tegangan dan regangan yang lebih kuat dibandingkan bundel posterior. ²⁰ Kekuatan regangan ACL sekitar 2.200N namun dapat berubah karena usia dan topangan beban yang berulang. ^{21,22} Dengan meningkatnya besar gaya translasi anterior pada tibia, gaya *in situ* ACL juga meningkat. ²²

2.1.4. Patomekanisme Cedera pada *Anterior Cruciate Ligament* (ACL)

Banyak kontroversi terhadap ruptur ACL daripada cedera ligamen pada lutut. Cedera ACL dengan gangguan pada ligamen lutut yang lain dapat sering dikenal pada atlet. Mekanisme cedera sering non kontak, deselerasi valgus, dan cedera eksternal rotasi. Mekanisme sering untuk “isolasi” gangguan ACL adalah deselerasi, *internal rotation forces*, dan *excessive hyperextension*. (GR Scuderi, 2008).

Hampir seluruh cedera ligamen lutut terjadi saat lutut sedang dalam posisi fleksi, dimana kapsul sendi dan ligamen dalam keadaan rileks dan femur dapat dengan bebas berotasi pada tibia. Dorongan dari femur dapat mengakibatkan tibia

terdesak dan menghasilkan tekanan yang dapat menyebabkan cedera pada ligamen pada sendi lutut. Salah satu contoh dari mekanisme tersebut adalah saat seorang pemain sepakbola melakukan tackle dimana terdapat kombinasi desakan femur dan rotasi femur pada tibia. Cedera ligamen cruciatum dapat terjadi tersendiri maupun bersamaan dengan cedera pada bagian yang lain. Anterior Cruciate Ligament (ACL) adalah yang lebih sering terkena cedera (Solomon, 2010).

Patomekanisme yang terjadi :

1. Cedera Poros Non-Kontak (Tibia mengarah ke anterior sementara lutut fleksi dan valgus)
2. Benturan pada aspek lateral lutut
3. Aktivitas umum seperti sepakbola, bola basket, dan ski
4. Proses pada wanita karena biomekanik dan pola aktivasi neuromuskuler (quadriseap dominan) memainkan peran terbesar.

2.1.5. Derajat Cedera pada *Anterior Cruciate Ligament* (ACL)

Cedera ACL diklasifikasikan sebagai derajat I, II, III

- Derajat I: Peregangan ligament dengan minimal gangguan pada ligamen.
- Derajat II: Robekan hingga 50% dari ligamen, sedikit hematoma. Kemungkinan terdapat Hemartrosis
- Derajat III: Robekan ligamen komplit, hematom dan hemartrosis.²³

2.1.6. Pemeriksaan Penunjang pada *Anterior Cruciate Ligament* (ACL)

Pemeriksaan penunjang yang dapat dilakukan untuk menegakkan diagnosis ruptur ACL adalah pemeriksaan foto x-ray genu, ultrasonografi (USG), dan Magnetic Resonance Imaging (MRI). Pemeriksaan x-ray dengan posisi anteroposterior (AP) dan lateral sangat bermanfaat untuk mengetahui adanya fraktur terutama pada berusia muda. Pada beberapa kondisi, dapat ditemukan gambaran fraktur Segond (fraktur avulsi kapsul lateral) pada posisi AP yang

menunjukkan adanya kemungkinan ruptur ACL walaupun secara tidak langsung. Gambaran x-ray dengan posisi lateral biasanya dapat memberikan gambaran fraktur eminantia intercondylaris tibia dibanding x-ray dengan posisi AP.^{21,22}



Gambar 8. Fraktur Segond, gambar AP menunjukkan avulsi kecil dari lateral proksimal tibia (panah putih). Sumber : Norman Scott, dkk. *Insall & Scott Surgery of the Knee*. Elsevier. 2018.

Pemeriksaan USG dapat dijadikan sebagai opsi lain untuk melihat adanya ruptur ACL. Pemeriksaan USG sendiri memiliki kelebihan yang tidak dimiliki oleh pemeriksaan penunjang lainnya seperti MRI yang hanya dapat melihat struktur ligamen yang tidak berkorelasi penuh dengan stabilitas lutut. Kelebihan yang dimiliki oleh USG adalah biaya yang lebih murah dan mampu menilai jangkauan gerak dinamik secara kuantitatif. Hanya saja, sensitivitas dan spesifisitas USG masih sangat bervariasi sehingga MRI tetap menjadi pilihan utama.²⁴



Gambar 9. *Deep Sulcus Terminal Sign*

Pemeriksaan penunjang Magnetic Resonance Imaging (MRI) bisa memberikan gambaran yang jelas untuk mengetahui cedera jaringan lunak (ligamen, tendon dan meniscus) seperti cedera tulang subcondral yang biasa disebut dengan *bone bruising* dimana hampir 80% gambaran ini ditemukan pada kejadian rupture ACL.²⁴

MRI memiliki sensitivitas sebesar 95 % dan spesitivitas sebesar 88 % dalam penegakan diagnosis robekan ACL pada atlet berusia muda. Meskipun Lawrance et al. (1996) pernah berpendapat bahwa MRI memiliki sensitivitas yang rendah untuk memeriksa robekan parsial ACL, namun pemeriksaan ini tetap bermanfaat dalam membantu penegakan diagnosis kasus-kasus robekan total dan fraktur eminentia intercondylaris tibia.^{24,25}



Gambar 10. Sagittal View of ACL Tear



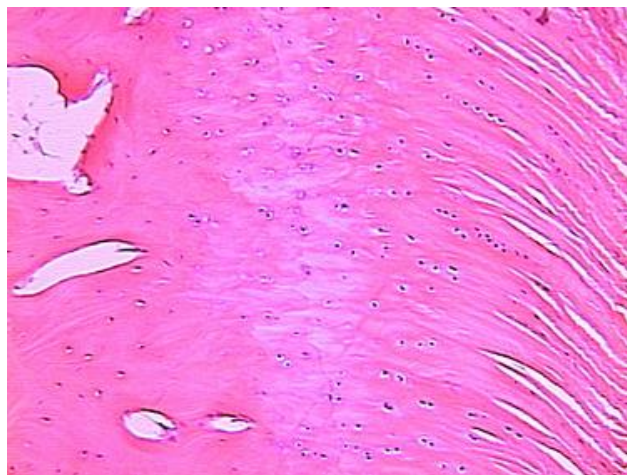
Gambar 11. Serat ACL tidak menjangkau femur.

2.1.7. Histology Anterior Cruciate Ligament (ACL)

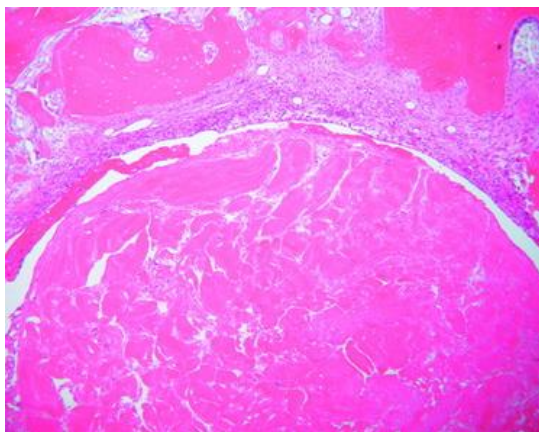
ACL memiliki terdiri 90 % kolagen tipe I dan 10 % kolagen tipe III. Komposisi histology normal pada ACL terdiri dari 99% *Dense Regular Connective Tissue* (DRCT), 0,9% *Loose Connective Tissue*, dan 0,1% pembuluh darah tanpa saraf dan jaringan adipose.

ACL dikelilingi oleh membran sinovial di mana bagian pembuluh darah subynovial dapat diidentifikasi di antara jaringan areolar kasar. Beberapa serabut yang dikelompokkan menjadi fasikula dengan ukuran bervariasi dapat dilihat dan

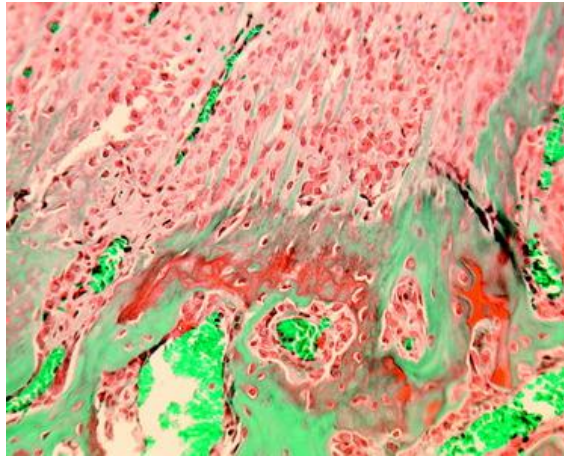
bergerak ke berbagai arah. 2 bundel fungsional : Anteromedial dan Posterolateral dapat diidentifikasi pada ACL. Fasikula dipisahkan oleh jaringan ikat yang dapat di lihat di semua bagian ACL. Pembuluh darah intrafasikuler dapat diidentifikasi dikelilingi oleh lapisan sel yang memanjang. Ada sel-sel bulat terpisah yang tersebar di antara jaringan ikat dan pembuluh darah. Bagian anterior ACL yang ditempelkan ke intercondylar dapat dilihat di bawah mikroskop. Dalam semua ACL, ditemukan mechanoreceptors yang terlihat secara subsynovially dan di lapisan superfisial ligamen.



Gambar 12. Gambaran histologi insersi ACL ke tulang menggunakan pewarnaan Hematoxylin Eosyn.



Gambar 13. Gambaran histologi 1-2 minggu setelah dilakukan rekonstruksi ACL pada sisi insersi. Pembuluh darah dan jaringan granulasi diposisikan sebagai lapisan antara *Graft* dan *Tunnel wall*.



Gambar 14. Gambaran histologi 3-4 minggu setelah dilakukan rekonstruksi ACL pada sisi insersi. Jaringan granulasi telah termaturisasi dengan baik, *Sharpey-like Collagen Fibers* menghubungkan tendon ke tulang.

2.1.8. Diagnosa Cedera Anterior Cruciate Ligament (ACL)

2.1.8.1 Anamnesis

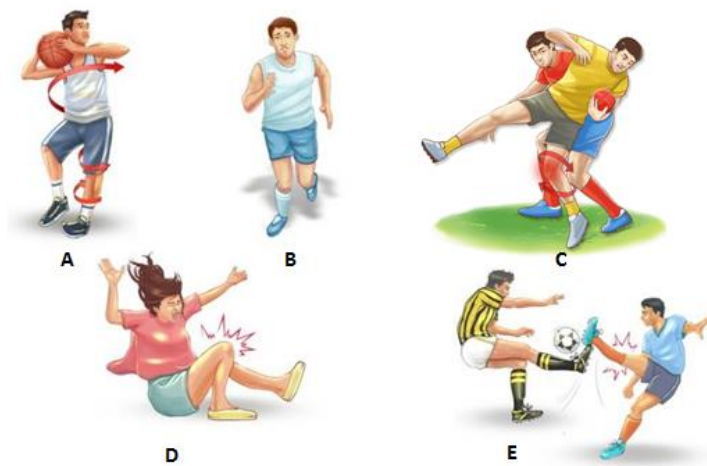
Pada anamnesis, mekanisme cedera yang paling sering ditemukan pada cedera ACL adalah cedera non-kontak yang terjadi dalam gerakan deselerasi, melompat, atau gerakan memotong yang disertai gerakan berputar mengubah arah dengan posisi sendi lutut dalam keadaan valgus (Gambar 15).

Cedera ACL yang disebabkan oleh kontak langsung, terjadi pada sepertiga dari keseluruhan kasus. Pada kasus ini, mekanisme cedera meliputi posisi hiperekstensi dengan tekanan valgus pada sendi lutut kemudian hantaman pada posisi hiperfleksi ataupun hiperekstensi sendi lutut juga dapat menyebabkan cedera ACL (Gambar 15).

Keluhan utama pada pasien dengan cedera ACL akut adalah rasa nyeri. Rasa nyeri dapat dirasakan dengan skala hebat dan persisten namun dapat juga dengan skala sedang dan intermiten. Sebagai keluhan tambahan, pasien dapat menyatakan bahwa sendi lututnya terasa lepas saat kejadian dan terdengar suara “POP” atau perasaan seperti tungkai bawah bergerak ke arah yang berbeda dengan arah badan. Kemudian pembengkakan lutut akan muncul sekitar empat jam setelah cedera.

Pembengkakan yang terjadi tidak terlalu besar karena ACL merupakan struktur intra-artikular sehingga pembengkakan tertahan oleh kapsul sendi lutut. Pembengkakan tersebut bila diaspirasi maka akan menunjukkan adanya hemartrosis.

Pada kasus kronis, keluhan utama pasien adalah rasa nyeri yang sebenarnya muncul akibat kerusakan sekunder pada struktur sendi lutut meliputi meniskus atau kartilago sendi. Keluhan ketidakstabilan biasanya hanya dirasakan pada gerakan-gerakan *pivoting* saja.



Gambar 15. Ilustrasi Mekanisme Cedera pada ACL. (A) Gerakan rotasi non kontak (B) Mendarat pada posisi sendi lutut valgus, (C) Kontak dengan dorongan valgus, (D) Terjatuh pada posisi hiperfleksi sendi lutut, (E) Hiperekstensi.

2.1.8.2 Pemeriksaan Fisik

Kecurigaan cedera ACL sudah dapat ditegakkan dengan anamnesis dan pemeriksaan fisik yang teliti, terlebih lagi apabila pemeriksaan dilakukan sesaat setelah terjadi cedera dan sebelum pembengkakan, rasa nyeri, dan kontraksi otot muncul. Dalam memeriksa stabilitas anteroposterior pada sendi lutut dapat menggunakan beberapa uji provokatif.

Dalam melakukan pemeriksaan ini, tungkai yang normal harus diperiksa terlebih dahulu dan hasilnya dibandingkan dengan tungkai yang mengalami cedera. Uji provokatif yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

I. Uji Lachman

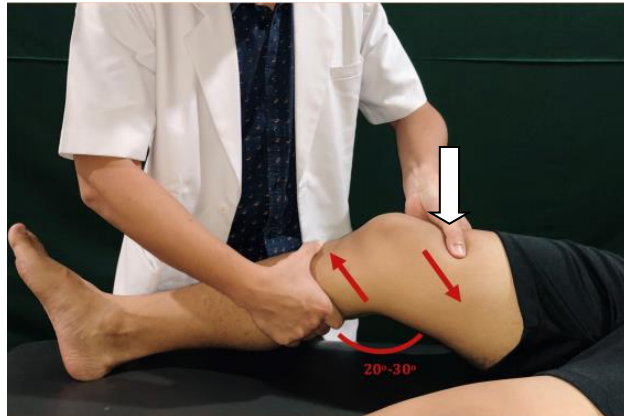
Uji ini dilakukan dengan posisi sendi lutut difleksikan 20°-30° sambil menstabilkan *os femur* bagian distal dengan satu tangan. Tekanan manual diberikan pada bagian proksimal dari *os tibia* dengan tangan yang satunya (Gambar 16). Kelonggaran anterior dinilai dengan melihat derajat gerakan translasi anterior dari *os tibia* terhadap *os femur*. Pemeriksaan ini merupakan pemeriksaan fisik yang paling sensitif untuk kasus cedera ACL.²⁴

II. Uji Pivot Shift

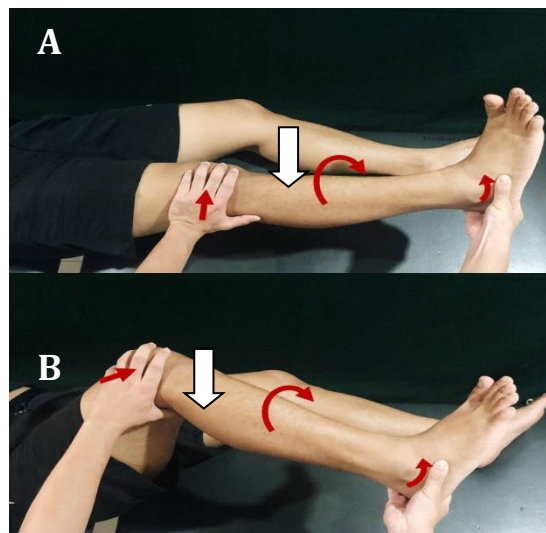
Bertujuan untuk menilai subluksasi *os tibia* ke anterolateral terhadap kondilus *os femur*. Pemeriksaan ini dilakukan dengan pasien telentang kemudian pinggul diabduksikan 30° dan sendi lutut dalam keadaan ekstensi. Dalam keadaan ekstensi, sendi lutut dirotasi internal yang menyebabkan *os tibia* tersubluksasi ke anterolateral bila terdapat robekan ACL. Kemudian dari posisi ekstensi sendi lutut digerakkan ke posisi fleksi (Gambar 17). Hasil diinterpretasikan positif apabila terdengar suara "CLUNK" yang menandakan *os tibia* tereduksi pada saat sendi lutut fleksi 30°-40°.²³

III. Uji Anterior Drawer

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menilai gerakan translasi *os tibia* ke arah anterior. Dilakukan dengan posisi pasien telentang dan sendi lutut difleksikan 90°. Telapak kaki pasien difiksasi kemudian *os tibia* bagian proksimal diberikan tarikan ke arah anterior (Gambar 18). Hasil positif bila terdapat pergerakan *os tibia* ke anterior.²⁴



Gambar 16. Uji *Lachman*. Panah merah menunjukkan arah gaya yang diberikan. Panah putih merupakan bagian sendi lutut yang diperhatikan dan dinilai.



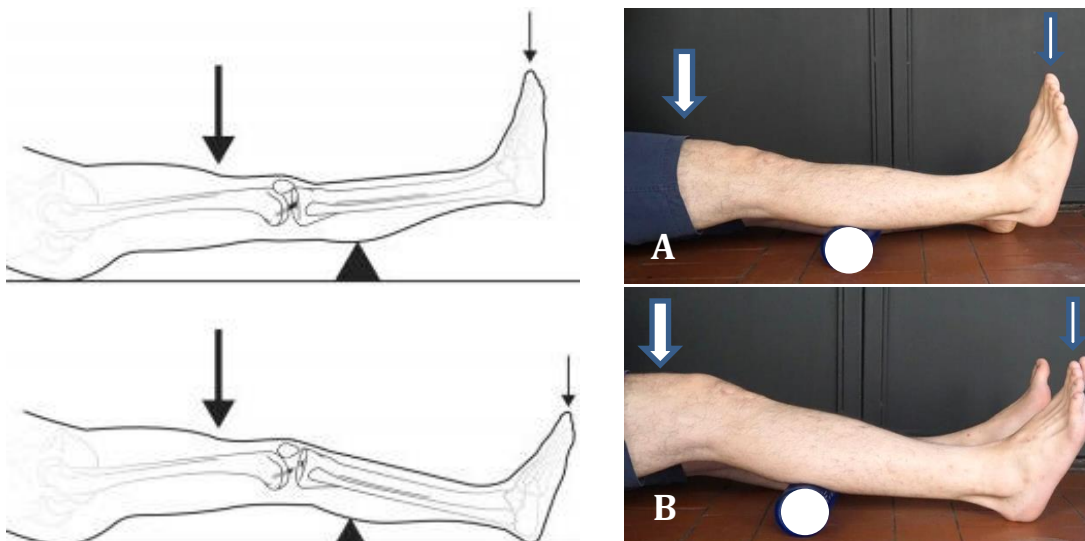
Gambar 17. Uji *Pivot Shift*. Panah merah menunjukkan gerakan rotasi internal pada *os tibia*. Panah putih menunjukkan gerakan bagian proksimal *os tibia* yang diperiksa. (A) Tampilan posisi awal, (B) Tampilan posisi akhir.



Gambar 18. Uji Anterior Drawer.

IV. Uji Lelli

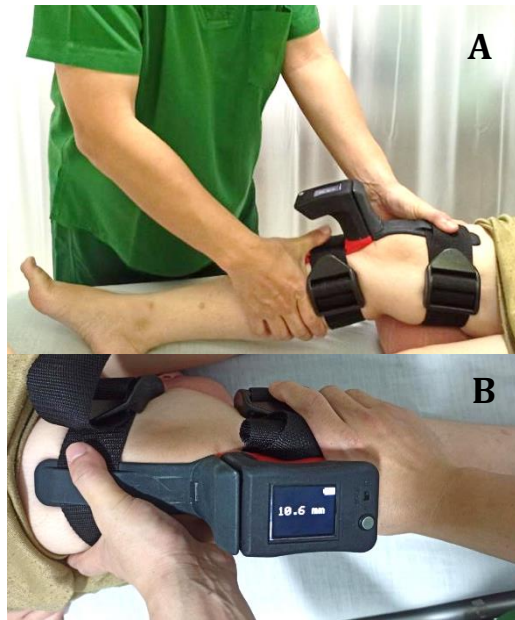
Pemeriksaan ini dilakukan dengan posisi pasien telentang. Salah satu tangan pemeriksa diletakkan di belakang *os tibia* setinggi sepertiga proksimal dan tangan yang satunya menekan bagian distal paha pasien. Hasil positif bila tumit pasien turun ke bawah (Gambar 19). Keuntungan dari pemeriksaan ini adalah tidak ada manipulasi yang diberikan pada sendi lutut secara langsung sehingga kerusakan struktur lain atau robekan ACL akibat uji provokatif yang bertambah parah dapat dihindari.²⁵



Gambar 19. Ilustrasi Uji Lelli. Panah besar menunjukkan gaya yang diberikan pada bagian distal paha. Panah kecil menunjukkan bagian yang diamati. (A) Hasil pada ACL intak (B) Hasil pada robekan ACL.

V. KT-1000 Artrometer

KT-1000 adalah sebuah alat untuk mengukur pergeseran anterior-posterior dan kelenturan sisi ke sisi (*side-to-side*) pada sendi lutut yang dapat digunakan sebelum dan sesudah operasi.⁶ Hasil *side to side* >4 mm dengan nilai absolut ≥ 10 mengindikasikan cedera ACL komplit (Gambar 20).



Gambar 20. KT-1000 Artrometer. (A) Pengukuran *side to side* dengan *maximum manual examination*, (B) Nilai absolut pada KT-1000 artrometer. (Sumber: Database

2.1.9. Penatalaksanaan Cedera ACL

Penanganan ruptur ACL terbagi menjadi dua yaitu non-operatif dan operatif. Sejauh ini, belum ada panduan pasti untuk pedoman dalam pemilihan penanganan non-operatif versus operatif, sebagian hanya berupa studi prospektif yang membandingkan penanganan non-operatif dan non-operatif (atau tertunda operasinya).

a. Non-Operatif (Konservatif)

Beberapa kasus dengan cedera ACL, pasien mungkin bukanlah kandidat yang baik untuk menjalani tindakan operatif. Pasien-pasien yang disertai penyakit jantung, ginjal, atau hati yang serius atau mereka sudah tidak ingin

berpartisipasi dalam kegiatan fisik yang berat dapat ditangani secara konservatif. Bagi pasien yang memilih untuk menjalani tatalaksana konservatif, fisioterapi dengan terapis berpengalaman atau latihan-latihan atletik yang bertujuan untuk menguatkan otot-otot sekitar sendi lutut terutama otot quadriseps femoris dan otot hamstring sangatlah bermanfaat. Akan tetapi, tanpa rekonstruksi operatif, sendi lutut akan tetap dalam kondisi tidak stabil dan rentan terhadap cedera lanjutan.²⁵

Studi jangka panjang telah menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kejadian yang signifikan pada kerusakan meniskus dan kerusakan permukaan articular sendi terkait penundaan tindakan rekonstruksi.^{24,25} Robekan meniskus yang dilakukan tindakan operatif bersama dengan ACL akan memiliki kecepatan penyembuhan yang lebih baik dibandingkan dilakukan operasi masing-masing secara terpisah.²⁵ Secara umum, sekitar sepertiga dari pasien yang sesuai untuk terapi konservatif mampu menyelesaikan menu terapi tanpa memerlukan tindakan operatif.²⁵ Meskipun demikian, pasien dengan aktivitas olahraga yang lebih tinggi menunjukkan hasil yang lebih buruk dengan tatalaksana konservatif saja.^{24,25}

b. Operatif

Tatalaksana operatif pada kasus cedera ACL adalah berupa tindakan rekonstruksi dari ACL yaitu dengan mengganti ACL dengan cangkok jaringan untuk mengembalikan fungsi seperti sebelumnya. Operasi ini biasa dilakukan dengan bantuan *arthroscopy*.²⁴ *Arthroscopy* merupakan alat yang digunakan untuk memeriksa bagian dalam suatu sendi untuk melakukan prosedur diagnosis atau terapeutik di dalam sendi tersebut.^{24,25} Adapun indikasi untuk dilakukannya tindakan operatif berupa rekonstruksi ACL adalah sebagai berikut:

1. Pasien dewasa muda atau individu yang aktif, untuk mengurangi kerusakan sekunder seperti cedera meniskus dan kartilago sendi.
2. Pasien anak-anak sangat disarankan untuk ditangani secara operatif, karena limitasi gerak pada anak-anak sangatlah sulit.

3. Pasien tua atau geriatri yang berusia diatas 40 tahun bila tidak ada kontraindikasi tatalaksana operatif.
4. Kegagalan pada tatalaksana operatif rekonstruksi ACL sebelumnya.

Oleh karena banyaknya kegagalan terapi konservatif pada kasus cedera ACL, tindakan operatif tetap menjadi terapi pilihan hampir untuk seluruh atlet yang masih menginginkan untuk tetap aktif berolahraga.

Namun disayangkan bahwa tindakan operatif pun tidak selalu berhasil. Beberapa kendala yang dapat menyebabkan kegagalan tersebut meliputi (1) jepitan pada cangkok di permukaan atap interkondilus femoralis, (2) posisi cangkok yang terlalu tegang, (3) penempatan *tunnel* femoralis dan tibialis yang non-anatomis sehingga tidak menciptakan karakter biomekanik ACL asli yang intak, khususnya pada rekonstruksi yang mengabaikan rekonstruksi bundel posterolateral.^{22,23} Dengan segala usaha yang dilakukan, 15-25% dari pasien yang menjalani rekonstruksi ACL tetap merasakan nyeri dan ketidakstabilan pada sendi lutut mereka yang cedera.²³

Terdapat empat jenis *graft* yang dapat digunakan dalam rekonstruksi ACL, yaitu *patella tendon* (PT), *4-strand hamstring* (HS, terbentuk dari tendon gracilis dan semintendinosus), *quadriceps tendon*, dan *peroneus longus tendon* (PL). Baik cangkok jaringan yang berasal dari pasien sendiri (*autograft*) memiliki angka keberhasilan lebih dari 95% pada tindakan rekonstruksi yang menghasilkan sendi lutut yang stabil.²²

a. Patella tendon graft

Bone-patellar Tendon-bone (BPTB) *autograft* dahulu pernah menjadi pilihan graft yang paling populer. Hal ini dikarenakan potongan tulang pada kedua ujung graft memberikan fiksasi segera yang solid dengan penyembuhan yang sangat cepat dan memiliki potensi penyatuan tendon ke tulang yang baik. Akan tetapi, alat fiksasi modern telah cukup kuat sehingga pasien dapat melakukan mobilisasi *full weight bearing* tanpa *brace* segera setelah operasi.²⁴

Sedangkan kerugian penggunaan *graft* PT meliputi nyeri pada lutut bagian anterior, hilangnya sensasi sensoris, kelemahan otot ekstensor quadriceps, resiko fraktur patella, meninggalkan jaringan parut yang cukup besar pada bagian anterior, dan kontraktur *patella* bagian inferior. Selain itu, nyeri lutut bagian anterior juga berhubungan dengan kurang agresifnya metode rehabilitasi dan penggunaan *open kinetic chain extension exercise*.²⁴

b. Hamstring tendon graft

Graft tendon HS dengan empat untaian secara keseluruhan memiliki daya regang yang lebih kuat dibandingkan dengan *graft* PT dengan panjang 10 mm.⁴⁶ Akan tetapi, pengambilan tendon untuk *graft* HS akan sangat mengurangi kekuatan dan daya tahan otot hamstring sampai sembilan bulan setelah tindakan operatif.²⁵

Graft ini dibuat dari tendon *gracilis* dan semitendinosus via insisi anteromedial tibia proximal.²⁵ Kesulitan yang dihadapi dalam proses pembuatan *graft* HS adalah akses pengambilan bahan yang sulit karena diameter dan panjang *graft* yang diperlukan bervariasi. Diameter dan panjang *graft* HS berhubungan dengan tinggi badan seseorang, bukan pada indeks masa tubuhnya.^{24,25} Studi dari Tuman et al. menunjukkan pasien dengan tinggi badan dibawah 147cm memiliki kemungkinan besar mempunyai *graft* HS dengan ukuran dibawah 7 mm, ukuran *graft* penting karena berhubungan dengan kekuatan dari *graft* sendiri.²⁵

Selain itu, perlu pengalaman lebih terhadap teknik pengambilan *graft* dan edukasi yang baik kepada pasien mengenai resiko nyeri pascaoperatif pada hamstring sehingga rehabilitasi terhadap otot tersebut perlu diperhatikan. Pengambilan tendon *gracilis* dan semitendinosus akan mengakibatkan tidak berfungsinya otot tersebut dan tidak dapat tumbuh kembali, hal ini dapat menyebabkan *hamstring* pasien dapat mengalami atrofi dan gangguan fungsi pada sisi tersebut.²⁵

c. Quadriceps tendon graft

Tendon ini mengandung matriks kolagen yang lebih padat dibandingkan dengan patella tendon graft dengan ketebalan yang sama. Selain itu, diameter cangkok yang didapatkan lebih besar dan uniform sehingga dapat dilakukan revisi, resiko morbiditas pada pengambilan tendon lebih kecil dibandingkan dengan patella tendon. Namun, pemilihan graft ini juga memiliki beberapa kerugian yaitu biaya yang mahal akibat teknik yang cukup rumit dan membutuhkan waktu yang lama, menimbulkan *scar* yang lebih besar dibandingkan cangkok hamstring, dan resiko ruptur quadriceps tendon (jarang), sinovitis atau terbentuknya *cyclops formation* di sekitar graft yang menghambat ekstensi pada lutut.^{24,25}

d. Peroneus Longus tendon graft

Tendon *peroneus longus* (PLT) sekuat ACL dan dapat digunakan untuk menggantikan ACL. Pada beberapa penelitian dimana potensi regenerasi pada tendon yang dipanen telah diamati. Karena banyaknya komplikasi sendi lutut yang melibatkan cangkok tendon patella dan hamstring pada rekonstruksi ACL, maka cangkok PLT lebih diutamakan. Potensi regenerasi PLT tendon untuk transplantasi telah ditunjukkan secara klinis dan dalam MRI. Pasien tidak mengeluh tentang pergelangan kaki mereka. Evaluasi MRI yang dilakukan menghasilkan pengukuran biomekanis PLT sama kuatnya dengan ACL sehingga PLT lebih disukai.^{25,25}

2.1.10. Penyembuhan Graft

Segera setelah implantasi graft maka respons inflamasi terjadi. Neutrofil dan makrofag muncul pada area tendon-tulang sejak 4 hari pasca operasi, dan setelah 10 hari makrofag residen mulai dapat teridentifikasi pada area tersebut. Sel-sel ini secara progresif mengisi kembali *graft* tendon, dan sitokin yang diproduksi oleh sel infiltrasi ini, termasuk *transforming growth factor-b* (TGF-b) akan berkontribusi pada pembentukan jaringan parut fibrosa antara graft dan tulang inang.⁴² Setelah 6

minggu, graft tersebut sepenuhnya ditutupi oleh amplop sinovial bervaskular, dan pada 20 minggu, vaskulatur intrinsik pada graft sudah lengkap.⁴³ Revaskularisasi graft utamanya berasal dari bantalan lemak infrapatellar, jaringan sinovial posterior, dan pembuluh endosteal di dalam femoral *tunnel* dan tibialis *tunnel*.⁴³⁻⁴⁵

Meskipun nekrosis graft jelas tampak pada bagian osseus dari *bone-plug graft* (misalnya pada autograft BTB) pada beberapa model hewan,^{43,46,47} bagian intra-artikular graft tampak mampu bertahan dan menjalani proses revaskularisasi awal. Rougraff dan Shelbourne melakukan biopsi di wilayah pusat autograft BTB pada subjek manusia, menunjukkan tidak adanya nekrosis dan vaskularisasi graft pada 3 minggu setelah rekonstruksi.⁴⁸

Konten glikosaminoglikan dan kolagen cross-link juga serupa dengan yang ditemukan pada ACL asli. Penelitian terkini menunjukkan bahwa bahkan dalam lingkungan asli dari tendon tikus, ekspresi kolagen tipe III tinggi pada tendon patela yang menjalani proses beku-cair in-situ.⁵⁴ Baik repopulasi sel dalam graft yang dihancurkan maupun dalam kondisi biomekanis lingkungan yang berubah, keduanya bertanggung jawab atas perubahan histologis tersebut.

Sampel yang dipelajari dari manusia menunjukkan bahwa pada minggu keempat, jumlah serat Sharpey's fiber hanyalah sedikit sekali, dan pada minggu kedelapan Sharpey's fiber dapat ditemukan dengan mudah. Ferretti berspekulasi bahwa Sharpey's fiber berkontribusi secara nyata kepada stabilitas daripada implan.⁵⁵ Selama proses penyembuhan, jaringan graft secara bertahap melemah seiring dengan penurunan protein struktural, termasuk kekakuan (*stiffness*) dan *ultimate failure load* nya. Pada model intraartikular di primata,⁵⁶ *the ultimate failure*

load serta *stiffness graft* pada minggu ketujuh mengalami penurunan berturut turut sebanyak 16% dan 24% dibanding ACL kontrol. Pada *follow up* 1 tahun, properti struktural graft intra-artikular mengalami kemajuan, yaitu 39% (*failure*) dan 57% (*stiffness*) namun tidak kembali ke keadaan ACL normal (kontrol).

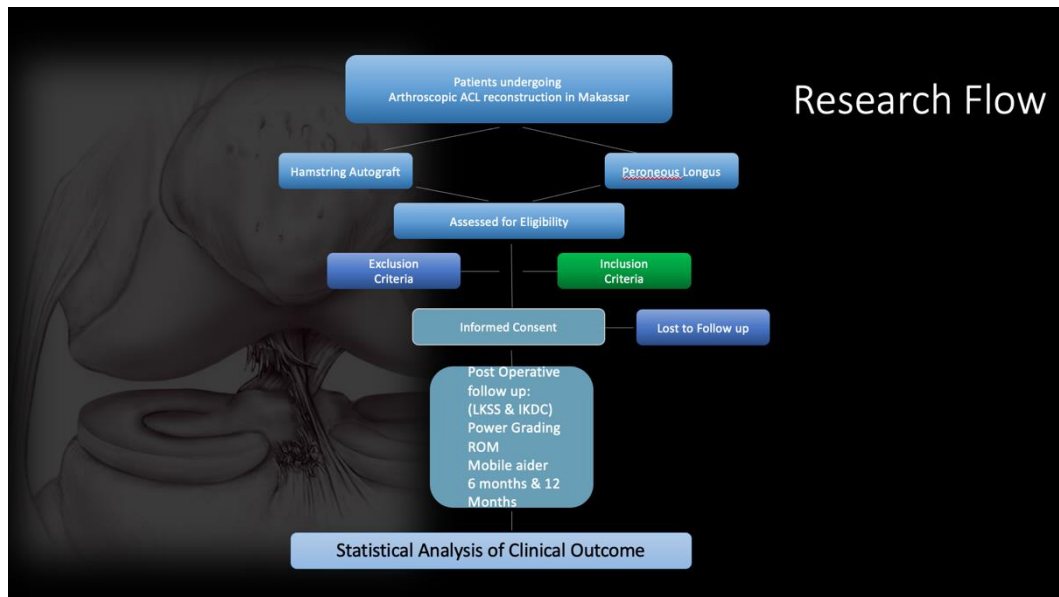
Berbagai peneliti mencoba mengadopsi berbagai teori fase-fase pada ligamentisasi. Fase awal pada waktu pasca rekonstruksi ACL hingga minggu ke-4 postoperatif dikenal dengan fase awal penyembuhan graft (*early graft healing phase*). Fase ini ditandai dengan peningkatan nekrosis jaringan, serta terjadi kondisi hiposelular, terutama pada area sentral graft.⁵³ Antara minggu ke-2 dan minggu ke-4 fase awal penyembuhan, merupakan tahapan rawan dari rekonstruksi akibat rendahnya tingkat pepaduan antara graft, menjadikan tingginya tingkat kegagalan akibat graft yang lepas.¹⁵ Fase berikutnya adalah Fase Proliferasi Graft yang terjadi antara 4-12 minggu pasca rekonstruksi ACL. Fase ini ditandai dengan tingginya aktivitas selular dan perubahan pada matriks ekstraselular. Aktivitas selular akan meningkat drastis pada fase ini hingga melebihi kondisi pada ACL normal.⁵³ Revaskularisasi dari jaringan graft juga meningkat pada bersamaan, yaitu sejak minggu ke-4 pasca operasi.^{43,45} Fase ketiga yaitu fase ligamentisasi graft yang merupakan proses berkelanjutan dari *remodeling* penyembuhan graft agar bentuk dan kekuatan mekanis graft setara dengan ACL normal. Pada studi di binatang coba, selularitas graft perlahan kembali hingga setara ACL normal antara bulan ke-3 hingga bulan ke-6⁵³ dan kondisi graft berangsur menjadi semakin serupa dengan ACL normal pada bulan ke-6 hingga bulan ke-12. Pada saat yang bersamaan ini juga terjadi perbaikan integritas graft serta gambaran histologis pada graft.

2.1.11. Komplikasi

Komplikasi utama yang terlihat setelah rekonstruksi ACL dapat dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan gejala klinis: yaitu penurunan rentang gerak sendi, serta *laxity*. Komplikasi utama yang ditemukan pada pasien dengan rentang gerak menurun adalah *impingement* dan artrofibrosis (bentuk fokal dan difus).

Penyebab yang kurang umum dari penurunan rentang gerak meliputi kista *intraarticular bodies* dan ganglion. Komplikasi utama pada pasien dengan peningkatan *laxity* adalah gangguan *graft* dan peregangan *graft*.²⁷ Komplikasi lainnya yang dapat terjadi yaitu kerusakan articular kartilago iatrogenik, *hemarthrosis*, dan cedera saraf : saraf saphenous dan saraf *common peroneal*.³⁴

2.2. KERANGKA PENELITIAN



2.3. HIPOTESIS PENELITIAN

- Ada perbedaan hasil fungsional antara ACL Rekonstruksi Hamstring Autograft dibandingkan dengan ACL Rekonstruksi Peroneous Longus Autograft