

KARYA AKHIR

**UJI KESESUAIAN UKURAN DIAMETER TENDON PERONEUS
LONGUS MENGGUNAKAN ULTRASONOGRAPHY DAN MRI
DENGAN DIAMETER INTRAOPERATIF**

**THE TEST OF PERONEUS LONGUS TENDON DIAMETER
MEASUREMENT USING ULTRASONOGRAPHY AND MRI COMPARED
TO INTRAOPERATIVELY MEASURED DIAMETER**

JOHANES MICHAEL RIUNG



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**UJI KESESUAIAN UKURAN DIAMETER TENDON PERONEUS LONGUS
MENGUNAKAN ULTRASONOGRAPHY DAN MRI
DENGAN DIAMETER INTRAOPERATIF**

Karya Akhir

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Dokter Spesialis-1

Program Studi Ilmu Radiologi

Disusun dan Diajukan oleh

JOHANES MICHAEL RIUNG

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

UJI KESESUAIAN UKURAN DIAMETER TENDON PERONEUS LONGUS MENGUNAKAN ULTRASONOGRAPHY DAN MRI DENGAN DIAMETER INTRAOPERATIF

Disusun dan diajukan oleh :

JOHANES MICHAEL RIUNG

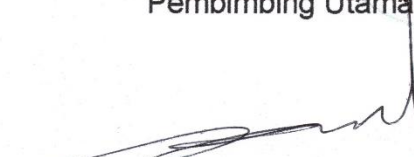
Nomor Pokok :C112216204

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Pendidikan Dokter Spesialis Program Studi Pendidikan Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin pada tanggal 27 April 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad (K)
NIP. 19520112 198312 1 001


Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K)
NIP. 19710908 200212 2 002

Ketua Program Studi

Dekan Fakultas


Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K)
NIP. 19710908 200212 2 002


Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, M.Kes, Sp.PD-KGH, Sp.GK
NIP. 19680530 199603 2001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :


Nama : JOHANES MICHAEL RIUNG


Nomor Mahasiswa : C112216204

Program Studi : Ilmu Radiologi

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

Makasssr , 19 September 2022

menyatakan

JOHANES MICHAEL RIUNG



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karuniaNya sehingga saya dapat menyelesaikan karya akhir ini yang berjudul **“Uji Kesesuaian Diameter Tendon Peroneus Longus Menggunakan Ultrasonography dan MRI dengan Diameter Intraoperatif”** Karya akhir ini disusun sebagai tugas akhir dalam Program Studi Dokter Spesialis-1 (Sp-1) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Saya menyadari bahwa karya akhir ini masih sangat jauh dari kata sempurna sehingga dengan segala kerendahan hati saya mengharapkan kritik, saran dan koreksi dari semua pihak. Banyak kendala yang dihadapi dalam rangka penyusunan karya akhir ini, namun berkat bantuan berbagai pihak maka karya akhir ini dapat juga selesai pada waktunya.

Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad (K) selaku Ketua Komisi Penasehat
2. Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K), selaku sekretaris Komisi Penasehat
3. Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, MKM selaku Anggota Komisi Penasehat
4. Dr. dr. Muhammad Sakti, Sp.OT (K) selaku Anggota Komisi Penasehat
5. dr. Nurlaily Idris, Sp.Rad (K) selaku Anggota Komisi Penasehat

Atas segala arahan, bimbingan dan bantuan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan, pelaksanaan selama penelitian hingga penyusunan dan penulisan sampai dengan selesainya karya akhir ini. Serta ucapan terima kasih atas segala arahan, nasehat dan bimbingan yang telah diberikan selama saya menjalani pendidikan di Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin ini.

Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan saya kepada :

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Ketua TKP-PPDS FK UNHAS, Ketua Konsentrasi PPDS Terpadu FK UNHAS dan Direktur Program

Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu di Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makasar.

2. dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K)TR, selaku Kepala Bagian Departemen Radiologi Universitas Hasanuddin, Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K) selaku Ketua Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin juga selaku Kepala Instalasi RSP. Universitas Hasanuddin, dr. Eny Sanre, M.Kes, Sp.Rad (K) selaku Kepala Instalasi Radiologi RS. Dr. Wahidin Sudirohusodo, dr. Nurlaily Idris, Sp.Rad (K), dr. Junus Baan, Sp.Rad (K), dr. Luthfy Attamimi, Sp.Rad, dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K), dr. Dario Nelwan, Sp.Rad (K), dr. Rafika Rauf, Sp.Rad (K), dr. Isdiana Kaelan, Sp.Rad, dr. Amir Sp.Rad, dr M. Abduh, Sp.Rad, dr. Sri Mulyati, Sp.Rad, dr. Taufiqqul hidayat, Sp.Rad, dr. Suciati Damopolii, M.Kes, Sp.Rad (K)TR, dr. Rosdiana, Sp.Rad, M.Kes, dr. Amelia Bactiar, Sp.Rad, M.Ph, dr. Alia Amalia, Sp.Rad serta seluruh pembimbing dan dosen luar biasa dalam lingkup Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin atas arahan dan bimbingan selama saya menjalani pendidikan.
3. Direksi beserta seluruh staf RS Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSUPTN Makassar atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk menjalani pendidikan di rumah sakit ini.
4. Para staf Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, staf Administrasi Bagian Radiologi FK UNHAS, dan Radiografer Bagian Radiologi RSUP dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar atas bantuan dan kerjasamanya
5. Teman angkatan Januari 2017 serta seluruh teman PPDS Radiologi lainnya yang telah banyak memberika nbantuan , motivasi dan dukungan kepada saya selama masa pendidikan dan penyelesaian karya akhir ini.
6. Kedua mendiang orang tua saya Roberto Riung dan Yetty Palandung, berkat semua doa kalian saya bisa sampai pada titik ini.
7. Kepada orang tua ku Alfarido Riung, Rarang Riung, Riil Riung, John H Palandung, Oplise Palandung, Santje Palandung, Yoen Palandung, Farida Elias, Rosita Palandung, Enos Aipassa, serta segenap keluarga besar yang lainnya, terima kasih atas dukungan, bantuan dan doanya.
8. Kepada saudara saya Ivan Abraham, Stevani Jesica, Rita Juwita, Ivanlibrian, Dian Suciaty Terima kasih untuk segala dukungan yang tiada henti-hentinya dan selalu hadir sebagai keluarga yang mendukung saya.

9. Kepada teman-teman dibalik layar dr. Clief Ch Runtung, Sp.A, dr. Brian J Sumual, dr. Benny Y Lalompoh, Sp.OG, dr. Lilik GD Butarbutar, Sp.OG, dr. Tyagita Sastaviana, dr. Rizki Najolan, Sp.THT-KL, dr. Tirza DP Lintang, Sp.Rad dr. Meidy C Elim, Sp.PD, dr. Endru Cia Karen, Sp.PD dan teman-teman FK UNSRAT 2004 yang tidak pernah berhenti mengulurkan tangan disaat-saat terpuruk
10. Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil secara langsung maupun tidak langsung, saya ucapkan terimakasih.

Melalui kesempatan ini pula perkenankan saya mengucapkan mohon maaf sebesar-besarnya atas segala kesalahan dan kekhilafan saya baik disengaja maupun tidak kepada semua pihak selama menjalani pendidikan ini.

Saya berharap semoga karya akhir ini bermanfaat bagi kita semua dan dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan Ilmu Radiologi di masa yang akan datang. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan Kasih karunia-Nya serta membalas budi baik kepad asemua pihak yang telah memberikan dukungannya

Makassar, 27 Juli 2022

Johanes Michael Riung

ABSTRAK

Johannes Uji kesesuaian ukuran diameter tendon peroneus longus menggunakan ultrasonography dan MRI dengan diameter intraoperatif. (dibimbing oleh Muhammad Ilyas, Mirna Muis, Andi Alfian Zainuddin Nurlaily Idris dan Muhammad Sakti)

Penelitian ini bertujuan untuk menguji kesesuaian ukuran perioperatis menggunakan USG dan MRI dibandingkan intraoperatif. Dimana sebelumnya telah dilakukan penelitian antara USG dan intraoperatif, namun pada penelitian ini bertujuan menentukan apakah MRI atau USG yang lebih sesuai untuk memprediksi diameter TLP. Penelitian dilaksanakan pada RSUP Wahidin Sudirohusodo dan RSP Universitas Hasanudin periode Desember 2021 hingga Maret 2022 dengan jumlah sampel 34 orang usia 20-45 tahun. Metode statistik yang digunakan *Regresi Linier*. Dari hasil analisa statistik didapatkan pemeriksaan menggunakan MRI paling mendekati ukuran intraoperatif, ukuran rata-rata diameter TLP MRI ± 0.69 cm dan diameter intraoperatif ± 0.7 cm, variabilitas pengukuran diameter perioperatif dengan menggunakan USG dan MRI dapat mewakili variabilitas intraoperatif. Dimana nilai R Square untuk USG 82% dan untuk MRI 91%. didapatkan nilai konstanta dan koefisien dari masing-masing pemeriksaan perioperatif untuk memprediksikan ukuran diameter TLP secara real, nilai konstanta untuk USG 9.561 dan MRI 8.42, serta nilai koefisien USG 0.758 dan MRI 0.894. yang dapat digunakan pada persamaan $y = (A+B) x$ untuk meprediksi nilai real dari TLP.

Kata Kunci : Ligamentum cruciatum anterior, tendon longus peroneus, ruptur, diameter tendon, prediksi tendon longus peroneus, ruptur ligamen, MRI, USG

ABSTRAK

Johannes The Test of Peroneus Longus Tendon Diameter Measurement Using Ultrasonography and MRI Compared to Intraoperatively Measured Diameter
(Supervised by Muhammad Ilyas, Mirna Muis, Andi Alfian Zainuddin, Nurlaily Idris and Muhammad Sakti)

The study aims to test the Peroneus Longus Tendon (PLT) diameter measurement using Ultrasonography (USG) and Magnetic Resonance Imaging (MRI) compared to intraoperatively measured diameter. Some previous study were conducted about USG and an intraoperatively measured diameter of the PLT. Compared to those studies. This study focuses on determining whether MRI or USG is more accurate in predicting the diameter of PLT. This study was carried out at RSUP (General Hospital) of Wahidin Sudirohusodo and RSP (Teaching Hospital) of Hasanuddin University between December 2021 and March 2022 with total sample of 34 participants aged 20-45 years old. The researchers use a linear regression statistical method. Based on statistical analysis result, it was found that examination using MRI is ± 0.69 cm, and intraoperatively is ± 0.7 cm. the variability of perioperative diameter measurement USG and MRI is representative of the intraoperative variability. The R Square value for USG is 82% and MRI 91%. The obtained constant and coefficient values of both perioperative measurements predict the actual PLT diameter, where the constant using USG is 9.561 and MRI 8.42, and coefficient of 0.758 for USG and 0.894 for MRI measurements can be derived from a formula $y = (A+B) x$ to predict the PLT's actual diameter

Keywords : Anterior cruciate ligament, peroneus longus tendon, rupture, tendon diameter, peroneus longus tendon prediction, ligament rupture, MRI, USG

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB I. Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II. Tinjauan Pustaka	5
2.1 Anatomi	5
2.2 Cidera ACL	8
2.2.1 Definisi	8
2.2.2 Insidens	9
2.2.3 Faktor Resiko	9
2.2.4 Mekanisme	11
2.2.5 Tanda dan Gejala klinis	12
2.2.6 Pemeriksaan Radiologi	13
2.2.7 Tatalaksana	18
2.2.7.1 Terapi Medis	19
2.2.7.2 Rekonstruksi ACL	20
2.3 Korelasi Diameter PLT dengan USG dan MRI	25
2.3.1 USG dan MRI TLP	25
2.3.2 TLP pada Cidera ACL	28
2.3.3 Kesesuaian Diameter USG dan MRI TLP	31

BAB III. Kerangka Penelitian	.....	35
3.1 Kerangka Teori	.....	35
3.2 Kerangka Penelitian	.....	36
3.3 Hipotesis Penelitian	.....	36
BAB IV. Metodologi Penelitian	.....	37
4.1 Desain Penelitian	.....	37
4.2 Tempat dan Waktu Penelitian	.....	37
4.3 Populasi Penelitian	.....	37
4.4 Sampel dan Cara Pengambilan Sampel	.....	37
4.5 Perkiraan Besaran Sampel	.....	38
4.6 Kriteria Inklusi dan Eksklusi	.....	38
4.7 Identifikasi dan Klasifikasi Variabel	.....	39
4.8 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	.....	39
4.9 Izin Penelitian dan Etical Clearance	.....	39
4.10 Cara Kerja	.....	40
4.11 Metode Analisa	.....	41
4.12 Alur Penelitian	.....	41
BAB V. Hasil Penelitian dan Pembahasan	.....	42
5.1 Hasil Penelitian	.....	42
5.1.1 Analisa Deskriptif	.....	42
5.1.2 Analisa Statistik	.....	44
5.2 Pembahasan	.....	48
BAB VI. Kesimpulan dan Saran	.....	50
6.1 Kesimpulan	.....	50
6.2 Saran	.....	52
Daftar Pustaka	.....	VI

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Mekanisme yang Berkontribusi terhadap Cedera ACL	10
Tabel 5.1	Distribusi sampel berdasarkan jenis kelamin	44
Tabel 5.2	Distribusi sampel berdasarkan usia	44
Tabel 5.3	Distribusi sampel berdasarkan titik pengambilan graft	44
Tabel 5.4	Nilai rata-rata diameter dari tiap pengukuran	45
Tabel 5.5	Kemampuan variabilitas pengukuran diameter TLP menggunakan USG dengan intraoperatif	46
Tabel 5.6	Nilai signifikansi dari USG terhadap intraoperatif	46
Tabel 5.7	Nilai konstanta dan koefisien dari USG untuk memprediksikan ukuran diameter TLP intraoperatif	47
Tabel 5.8	Kemampuan variabilitas pengukuran diameter TLP menggunakan MRI dengan intraoperatif	48
Tabel 5.9	Nilai signifikansi dari MRI terhadap intraoperatif	48
Tabel 5.10	Nilai konstanta dan koefisien dari MRI untuk memprediksikan ukuran diameter TLP intraoperatif	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Anatomi femur, patella dan tibia	6
Gambar 2.2	Anatomi sendi lutut	7
Gambar 2.3	Anatomi pergelangan kaki	8
	dextra lateral	
Gambar 2.4	Skematik mekanisme	11
	multiplanar dalam cedera ACL	
	nonkontak	
Gambar 2.5	Mekanisme fenomena	12
	‘pergeseran Pivot’	
Gambar 2.6	Pemeriksaan fisik Lachman	13
	dan Pivot-shift	
Gambar 2.7	Posisi probe dalam visualisasi	15
	ACL	
Gambar 2.8	Gambaran anatomi saat lutut	15
	fleksi sempurna dengan ACL	
	ruptur <i>complete</i>	
Gambar 2.9	Gambaran MRI dan USG	16
	pasien dengan ACL ruptur	
Gambar 2.10	Posisi pada pemeriksaan ACL	17
	menggunakan USG	
Gambar 2.11	USG pergelangan kaki	17
	kanandengan tekanan	
Gambar 2.12	Gambaran ACL pada MRI	18
Gambar 2.13	Pemasangan protesa pada	24
	sendi lutut	
Gambar 2.14	Pemeriksaan USG tendon	26
	peroneal normal	
Gambar 2.15	Total ruptur tendon peroneal	27
	longus	
Gambar 2.16	Gambaran tendon lateral pada	27
	MRI	

Gambar 2.17	Rekonstruksi dari ACL dengan <i>autograft</i> dari ipsilateral PLT disertai cedera MCL	29
Gambar 2.18	Gambaran Tendon Semitendinosus dan Tendon Gracilis pada USG dan MRI	34
Bagan 1	Kerangka teori	35
Bagan 2	Kerangka penelitian	36

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	SURAT REKOMENDASI PERSETUJUAN ETIK
LAMPIRAN 2	LEMBAR INFORM CONSENT
LAMPIRAN 3	CURRICULUM VITAE

DAFTAR SINGKATAN

USG/US	: Ultrasonography
MRI	: Magnetic Resonance Imaging
BPTB	: Bone-Patellar Tendon-Bone
ACL	: Anterior Cruciate Ligament
PCL	: Posterior Cruciate Ligament
ROM	: Range of Motion
MHz	: MegaHertz
HT	: Hamstring Tendon
QT	: Quadricep Tendon
IKDC	: International Knee Documentation Committee
DB	: Double Bandle
SB	: Single Bundle
IBLA	: Internal Brace Ligament Augmentation
DIS	: Dynamic Intraligamentary Stabilization
DVT	: Deep Vein Thrombosis
RG	: Retromaleolar Groove
PL	: Peroneus Longus
PLT/TLP	: Peroneus Longus Tendon
PB	: Peroneus Brevis
SPR	: Superior Peroneal Retinaculum
LM	: Maleolus Lateral
CT	: Computed Tomography
TLL	: True Leg Length
CSA	: Cross Sectional Area
ST	: Tendon Semimembranous
GT	: Tendon Gracilic
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
R ²	: R Square

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Sendi lutut adalah sendi utama yang paling sering mengalami cedera di tubuh, di mana cedera sendi lutut sering dijumpai pada individu yang berolahraga, selain terjadi pada populasi umum. Pencitraan memainkan peran penting dalam evaluasi ligamen sendi lutut. Nyeri sendi lutut sering kali disebabkan oleh cedera lutut, tetapi juga dapat disebabkan oleh ketidakstabilan lutut, artritis, asam urat, tendonitis, patah tulang, kompresi saraf (sindrom tunnel tarsal), infeksi, dan keselarasan struktural yang buruk pada tungkai atau kaki. Nyeri sendi lutut dapat dikaitkan dengan pembengkakan, kekakuan, kemerahan, dan kehangatan di area yang terkena. (Nevien EL-Liethy; Heba Kamal, 2016).

Cedera sendi lutut terjadi pada sekitar 20% dari kunjungan darurat ortopedi akibat cedera olahraga. Dimana ruptur ACL paling sering terjadi, lebih dari 50% cedera lutut dan terjadi lebih dari 200.000 orang di Amerika Serikat setiap tahunnya. Berbagai kondisi patologis dapat mempengaruhi sendi lutut, termasuk trauma, gangguan penggunaan berlebihan, dan kondisi inflamasi. Beberapa modalitas pencitraan, seperti computed tomography, magnetic resonance imaging, dan ultrasound (US) dapat digunakan untuk mengevaluasi pergelangan kaki. (Jung Won Park, dkk 2017)

Ligamen di setiap sisi sendi pergelangan kaki juga memberikan stabilitas dengan mengikat erat bagian luar pergelangan kaki (malleolus lateral) dengan ligamen kolateral lateral dan bagian dalam pergelangan kaki (malleolus medial) dengan ligamen kolateral medial. Sendi pergelangan kaki dikelilingi oleh kapsul sendi fibrosa. Tendon yang menempelkan otot besar tungkai ke kaki, membungkus sendi pergelangan kaki baik dari depan maupun belakang. (Nevien EL-Liethy; Heba Kamal, 2016)

Ultrasonografi dilakukan dengan probe linier resolusi tinggi menjadi semakin penting dalam penilaian ligamen dan tendon di sekitar lutut karena

biayanya rendah, cepat, mudah didapat, dan bebas dari radiasi pengion. Ultrasonografi dapat memberikan gambaran rinci tentang struktur anatomi normal dan efektif untuk mengevaluasi integritas ligamen. Selain itu, Ultrasonografi memungkinkan kinerja manuver dinamis, yang dapat berkontribusi untuk meningkatkan visibilitas aligamen normal dan deteksi *tear* yang lebih baik. Hal ini dapat memfasilitasi identifikasi yang akurat, lokalisasi dan diferensiasi antara peradangan sinovial, tendinous dan inflamasi enteseal serta pengumpulan cairan sendi, bursal dan jaringan lunak. Selain itu, pencitraan Doppler dapat digunakan untuk membedakan robekan kecil intrasubstance dari pembuluh darah yang dapat terjadi pada tendon tendinopatik (Jung Won Park, dkk 2017).

Dalam kemajuan teknologi yang semakin canggih MRI merupakan salah satu pemeriksaan yang telah terbukti memberikan evaluasi yang sangat akurat dan bebas dari radiasi pengion untuk penilaian ligamen dan tendon di sekitar sendi pergelangan kaki, dengan kemampuan untuk menunjukkan kelainan intraartikular terkait, efusi sendi, edema sumsum tulang dan termasuk menilai ketebalan dan diameter dari tendon dan ligamen.

Dewasa ini penggunaan imaging berupa ultrasonografi muskuloskeletal dan Magnetic Resonance Imaging untuk menilai diameter tendon peroneus longus dengan sangat baik yang dapat membantu memberikan informasi untuk sejawat orthopedi.

Rekonstruksi Anterior Cruciate Ligament (ACL) adalah rekonstruksi ligamen umum untuk mengembalikan stabilitas fungsional lutut. Namun, lokasi pengambilan cangkok rentan mengalami komplikasi donor. Seleksi graft pun banyak dilakukan, antara lain hamstring tendon, bone-patellar tendon-bone (BPTB), graft sintetik. (Sholahuddin R dkk, 2019).

Dewasa ini angka kejadian cedera lutut semakin meningkat terutama ruptur ACL yang mengakibatkan keterbatasan aktivitas pada pasien. Dengan demikian tindakan operatif pemasangan graft merupakan pilihan untuk mengembalikan fungsi dari sendi lutut, namun untuk menghindari kesalahan dalam pengambilan cangkok maka dibutuhkan pemeriksaan preoperatif dalam hal ini USG dan MRI untuk meminimalisir kesalahan seperti diameter yang tidak mencukupi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah di atas dapat dirumuskan pertanyaan penelitian yaitu apakah ada kesesuaian ukuran diameter tendon longus peroneal menggunakan ultrasonografi dan MRI dengan diameter intraoperatif yang bertujuan agar dapat digunakan untuk menilai kelayakan dilakukannya graf pada rekonstruksi pasien cedera ligamentum cruciatum anterior

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan umum

Menentukan kesesuaian ukuran diameter tendon longus peroneal menggunakan ultrasonografi dan MRI dengan diameter intraoperative

1.3.2 Tujuan khusus

- 1.3.2.1** Menentukan rata-rata ukuran diameter tendon longus peroneal menggunakan ultrasonografi pada pasien cedera ligamentum cruciatum anterior.
- 1.3.2.2** Menentukan rata-rata ukuran diameter tendon longus peroneal menggunakan MRI pada pasien cedera ligamentum cruciatum anterior.
- 1.3.2.3** Menentukan titik pengambilan graft dari pemeriksaan ultrasonografi, MRI dan MRI.
- 1.3.2.4** Menentukan rata-rata ukuran diameter tendon longus peroneal intraoperative pada pasien cedera ligamentum cruciatum anterior.
- 1.3.2.5** Menganalisis kesesuaian dan signifikansi pemeriksaan ultrasonografi dengan pemeriksaan intraoperative.
- 1.3.2.6** Menganalisis kesesuaian dan signifikansi pemeriksaan MRI dengan pemeriksaan intraoperative.
- 1.3.2.7** Memprediksi nilai ukuran tendon longus peroneal

1.4 Hipotesis Penelitian

Terdapat kesesuaian pengukuran diameter tendon longus peroneal dari salah satu pemeriksaan radiologi menggunakan ultrasonografi dan MRI dengan pengukuran intraoperative pada pasien cedera ligamentum cruciatum anterior.

1.5 Manfaat Penelitian

- 1.5.1** Memberikan informasi ilmiah tentang penggunaan ultrasonografi dalam menilai ukuran tendon longus peroneal.
- 1.5.2** Memberikan informasi ilmiah tentang penggunaan MRI dalam menilai ukuran tendon longus peroneal.
- 1.5.3** Memberikan informasi ilmiah tentang kesesuaian ukuran diameter tendon longus peroneal menggunakan ultrasonografi dan MRI dengan intraoperative pada pasien cedera ligamentum cruciatum anterior.
- 1.5.4** Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan yang bermanfaat untuk perkembangan penelitian selanjutnya.

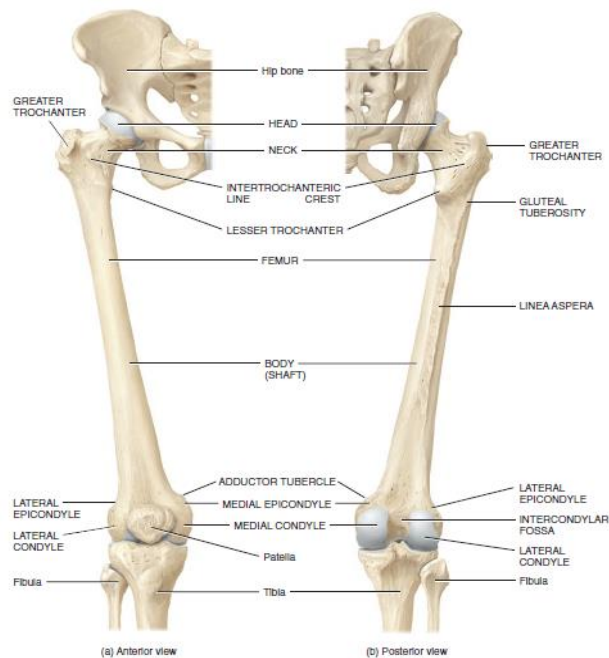
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Anatomi

Genu atau lutut merupakan sendi engsel, dimana terdiri dari artikulasi antara *condyles* femoral dan tibia serta antara patella dan permukaan patella dari femur.¹ Femur merupakan tulang yang terpanjang, terberat dan terkuat pada tubuh. Femur dapat menahan dan mendistribusi berat pada tubuh. Bagian akhir proksimal dari femur berartikulasi dengan asetabulum dari tulang panggul. Bagian akhir distal berartikulasi dengan tibia dan patella. Bagian *shaft* dari femur memiliki sudut kearah medial, sehingga sendi lutut lebih dekat ke bagian tengah.^{2,3}

Patella adalah tulang kecil, berbentuk segitiga yang terletak di anterior sendi lutut. Merupakan tulang sesamoid terbesar yang dibungkus oleh tendon dari otot quadriceps femoris, yang hanya berartikulasi dengan tulang femur. Ligamen patellar melekatkan patella pada tuberositas tibialis. Sendi *patellofemoral*, yaitu antara bagian posterior dari patella dan bagian permukaan patellar dari femur merupakan komponen dari sendi tibiofemoral (lutut). Berfungsi untuk menghindari gesekan pada tendon quadricep pada saat melewati trochlear, untuk meningkatkan sudut quadriceps femoris, sehingga meningkatkan kekuatannya, untuk menjaga posisi tendon saat lutut sedang menekuk (fleksi) dan melindungi sendi lutut. Tibia atau tulang kering, merupakan tulang yang besar, medial dan untuk menahan berat badan di kaki. Tuberositas tibialis merupakan tempat ligament patellar masuk. Tibia memiliki *condyles* medial dan lateral yang berartikulasi dengan *condyle* dari femur, membentuk sendi *tibiofemoral*.²⁻⁴



Gambar 2. 1 Anatomi femur, patella dan tibia. ²

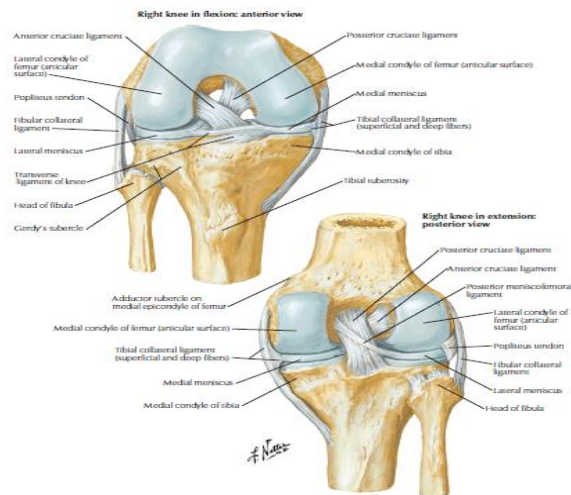
Sendi lutut (sendi *tibiofemoral*) merupakan sendi terbesar dan paling kompleks pada tubuh. Merupakan sendi engsel yang terdiri dari tiga sendi pada kavitas sinovial:²

1. Pada bagian lateral adalah sendi *tibiofemoral*, antara lateral *condyle* dari femur, lateral meniskus, dan lateral *condyle* dari tibia.
2. Pada bagian medial adalah sendi *tibiofemoral*, yaitu antara medial *condyle* dari femur, medial meniskus, dan medial *condyle* dari tibia.
3. Pada bagian intermediate adalah sendi *patellofemoral*, yaitu antara patella dan permukaan patella dari femur.

Kapsul melekat pada batas dari permukaan artikular, menyatukan tulang – tulang pada sendi lutut. Kapsul pada sendi lutut dikuatkan pada setiap sisinya oleh ligamentum collateral medial dan lateral. Pada bagian anterior dari kapsul dikuatkan oleh ligamentum patella dan setiap sisi patella oleh retinacula patellar medial dan lateral, yang merupakan perpanjangan dari vastus medialis dan lateralis. Pada bagian posterior oleh ligament oblique. Pada bagian bawah lateral dari permukaan posterior diperkuat oleh ligamentum popliteal arcuate. Pada bagian medial dari sendi, ligamentum collateral tibial melekat pada meniskus medial. Ligamentum collateral fibular, menguatkan pada bagian lateral dari sendi.^{1,2}

Terdapat ligamen pada bagian dalam kapsul yang menghubungkan tibia dan femur, yaitu ligamen intracapsular, yaitu:^{2,4,5}

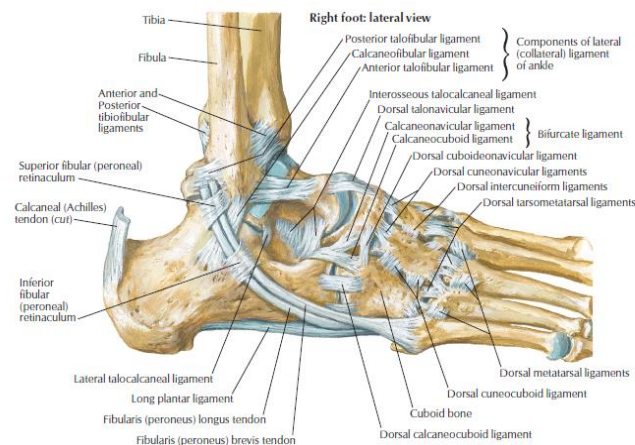
1. *Anterior cruciate ligament (ACL)*: merupakan ligamen yang membentang secara obliq, dari anterior intercondylar tibia hingga ke bagian posterior dari permukaan medial dari condyle lateral femur. ACL mencegah terjadinya hiperekstensi dari lutut, serta mencegah terjadinya *sliding* anterior dari tibia terhadap femur. Merupakan ligament intra-artikular yang terdiri dari 3 bagian utama, yaitu: anteromedial, posterolateral dan *intermediate*. Ligamen terdiri dari mikro-struktur kolagen tipe 1 yang Menyusun 90% dari ligament, serta kolagen tipe III dan IV, selain itu terdapat elastin yang memberikan fungsi elastisitas pada ligamen. Suplai darah utama dari ligamen berasal dari synovium dan bantalan lemak. Genuate tengah dan cabang terminal dari pembuluh darah inferior medial dan lateral ikut terlibat.
2. *Posterior cruciate ligament (PCL)*: merupakan ligament yang membentang secara anterior dan medial dari area intercondylar posterior tibia dan meniskus lateral menuju bagian anterior dari permukaan lateral condyle medial dari femur. Ligamen ini lebih pendek, lurus dan lebih kuat dari ACL. PCL mencegah terjadinya *sliding* ke belakang dari tibia terhadap femur, serta mencegah hyperflexi dari lutut.



Gambar 2. 2 Anatomi sendi lutut. ⁶

Tendon longus peroneal berada pada bagian kompartemen lateral dari kaki. Tendon longus peroneal berasal dari bagian kepala dan 2/3 proksimal fibula, yang kemudia masuk pada bagian dasar metatarsal pertama dan cuneiform

medial. Tendon longus peroneal berasal dari 2/3 distal fibula. Kedua tendon tersebut merupakan bagian dari *musculotendinous* yang berjalan hingga bagian bawah lateral malleolus. Fungsi utama dari longus peroneal adalah untuk plantarfleksi dan eversi dari pergelangan kaki. Pada bagian posterior dari malleolus, tendon peroneal berada pada lengkungan fibular, dimana peroneus brevis berada di medial dan anterior dari peroneus longus. Lengkuangan fibular membentuk batas anterior dari fibro-osseous *tunnel* yang dilewati oleh tendon peroneal.^{7,8}



Gambar 2.3 Anatomi pergelangan kaki kanan lateral. ⁶

2.2 Cideera ACL

2.2.1 Definisi

Anterior cruciate ligament adalah ligament yang paling sering cedera pada lutut. Cedera umumnya terjadi pada populasi usia muda dan aktif berolahraga. Robekan pada ACL menyebabkan ketidakstabilan pada lutut.⁵ Cedera pada ligament dibagi menjadi tiga, yaitu:⁹

1. Derajat I: Ligamen yang nyeri saat di palpasi dan nyeri saat di induksi dengan *stressor*. Ligamen tidak lemah. Terlihat ruptur yang minimal dari beberapa serabut. Terjadi perubahan yang ringan pada gambaran MRI. Secara klinis memiliki prognosis yang baik.
2. Derajat II: Nyeri bersifat akut dan terjadi pembengkakan disertai nyeri saat diberikan *stressor* pada ligamen. Terdapat kelemahan pada sendi serta

- kerusakan pada beberapa serabut ligamen. Kerusakan secara parsial pada integritas ligamen ditandai pada MRI. Secara klinis, prognosis umumnya baik.
3. Derajat III: Nyeri, bengkak disertai kelemahan pada ligament. Tidak ada kontinuitas dari serabut ligamen, terlihat adanya ruptur dan terisinya ruangan oleh cairan pada MRI. Umumnya dibutuhkan stabilisasi.

2. 2. 2 Insidensi

Ruptur ACL terjadi lebih dari 50% cedera lutut dan terjadi lebih dari 200.000 orang di Amerika Serikat setiap tahunnya, dengan biaya langsung dan tidak langsung lebih dari \$7 miliar. Insidensi ACL di Amerika Serikat di estimasikan yaitu 1 kasus setiap 3000 individu. Diperkirakan dilakukan operasi ACL sebanyak 80.000 – 100.000 setiap tahunnya di Amerika. Di New South Wales, Australia, insidensi cedera ACL 1,5% dari populasi dengan insidensi laki – laki 2 kali lebih sering dari pada perempuan. Berdasarkan suatu studi New Zealand, menemukan bahwa insidensi cedera pada ACL 36,9 cedera pada 100.000 orang tiap tahunnya. Insidensi cedera ACL dilaporkan 0,08 pada atlit perempuan dan 0,5 pada atlit laki – laki setiap 1000 paparan. ^{5,10,11}

2. 2. 3 Faktor Risiko

Cedera ACL disebabkan oleh beberapa faktor risiko yang dapat di modifikasi dan tidak dapat di modifikasi, antara lain jenis kelamin wanita memiliki risiko 3 sampai 6 kali lebih tinggi dibandingkan laki – laki. Penyebab pastinya belum diketahui, namun mungkin berhubungan dengan sempitnya ruang antara condyle femoral pada perempuan, sehingga pergerakan ACL terbatas, pelvis yang lebih lebar pada perempuan menyebabkan sudut yang lebih besar antara femur dan tibia dan meningkatkan risiko untuk ruptur ACL, hormon perempuan meningkatkan fleksibilitas dari ligamen, otot dan tendon namun tidak mengabsorpsi *stressor* dan di transferkan pada ACL, serta pada wanita kekuatan otot lebih lemah sehingga lebih bergantung pada ACL untuk mempertahankan lutut. Usia muda (umumnya usia 16 – 18 tahun) dan berolahraga pada usia lebih muda, dengan intensitas tinggi dan frekuensi yang lebih sering. Dimana cedera pada saat pertandingan meningkatkan risiko 3 sampai 5 kali dibandingkan saat latihan. Olahraga yang paling berisiko untuk cedera ACL pada atlit wanita adalah sepak bola (1,1% setiap

musim) dan *football* pada atlit laki – laki (0,8% setiap musim). Riwayat rekonstruksi ACL dalam 2 tahun pertama, memiliki resiko untuk mencederai ACL kontralateral atau robek dari *graft*. Pada pasien dengan riwayat cedera ACL memiliki risiko 4 – 25 kali lipat untuk terjadinya cedera ACL kedua, yang disebabkan oleh aktivitas yang tinggi setelah rekonstruksi ACL Faktor lain antara lagi morfologi tulang, kontrol neuromuscular, genetik dan masalah hormonal.^{2,5,10 – 12.}

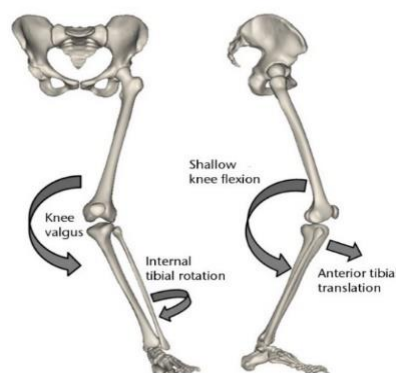
Tabel 2.1. Mekanisme yang Berkontribusi terhadap Cedera ACL.¹⁰

Faktor Ekstrinsik
Akses terhadap tempat olahraga
Bermain di lapangan (Kondisi lapangan yang tidak rata, basah atau berlumpur)
Tingkat kompetitif yang tinggi
Pola bermain (agresif)
Permukaan sepatu (sepatu yang panjang memberikan ruang untuk traksi yang lebih besar)
Cuaca (hujan, dingin)
Faktor Instrinsik
Ukuran tubuh dan ketebalan anggota tubuh
Fleksibilitas, kekuatan dan waktu reaksi
Fluktuas hormonal (meningkatkan kelemahan pada saat ovulasi dan post-ovulasi)
Meningkatnya sudut Q (lebih besar 14° pada pria dan lebih dari 17° pada perempuan)
Kaki yang dominan (perbedaan kekuatan, fleksibilitas dan koordinasi dari kaki kanan dan kiri)
Ligamen yang dominan (berkurangnya kontrol neuromuscular dari medial-lateral sendi)
Kelemahan pada ligamen
Sempitnya <i>notch</i> intercondylar dari femur distal
Lebarnya pelvis
Quadriiceps yang dominan
Panjang ACL yang lebih pendek

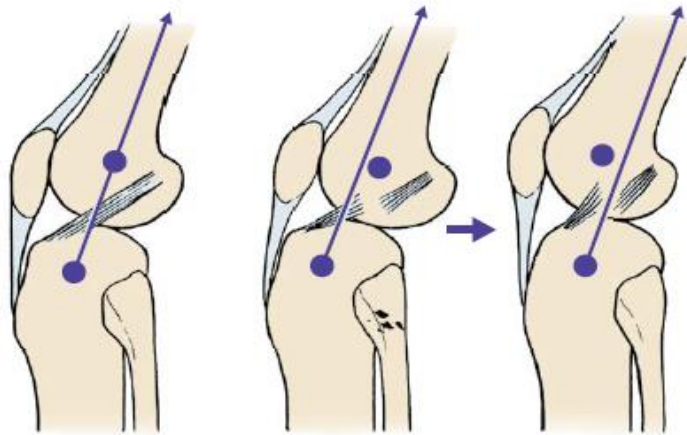
2. 2. 4 Mekanisme

Sekitar 70% cedera ACL disebabkan oleh mekanisme non-kontak. Hal ini terjadi saat pasien sedang berubah posisi, yaitu deselerasi, gerakan memotong, *pivoting* atau manuver berjalan samping. Saat terjadi deselerasi dari ekstremitas bawah, otot quadriceps secara maksimal mengalami kontraksi dan lutut sedang ekstensi penuh, yang menimbulkan stress pada ACL. Pada saat cedera ACL, *hamstrings* yang menstabilkan ACL secara posterior berkontraksi minimal, apabila sendi panggul ekstensi dan berat badan tubuh ditekan pada tumit, menyebabkan pergeseran kedepan yang berlebihan dari femur terhadap tibia. Beberapa kasus lain disebabkan oleh kontak langsung dan berhubungan dengan cedera ligamen lain. Defisit kontrol neuromuscular pada saat gerakan dinamis merupakan hipotesis utama dari risiko cedera ACL primier dan sekunder (cedera kembali setelah rekonstruksi ACL). Defisit dari kontrol digambarkan dengan beban sendi yang berlebih dan menyebabkan stress pada ACL. Cedera non-kontak terjadi disebabkan kombinasi beban multi-planar, yaitu pergeseran anterior tibial, valgus dari lutut dan rotasi internal tibia yang cukup kuat untuk menimbulkan robekan. Saat ACL ruptur maka lengkungan pendek tibia bagian lateral akan tergelincir pada bagian depan kondilus femoralis. Saat lutut fleksi, iliotibial bergerak kebelakang dari aksis rotasi dan tulang menjadi reduksi dan terdengar bunyi.

8,10,13,14



Gambar 2. 4 Skematik mekanisme multi-planar dalam cidera ACL non-kontak. ¹³



Gambar 2. 5 Mekanisme fenomena "Pergeseran Pivot".¹⁴

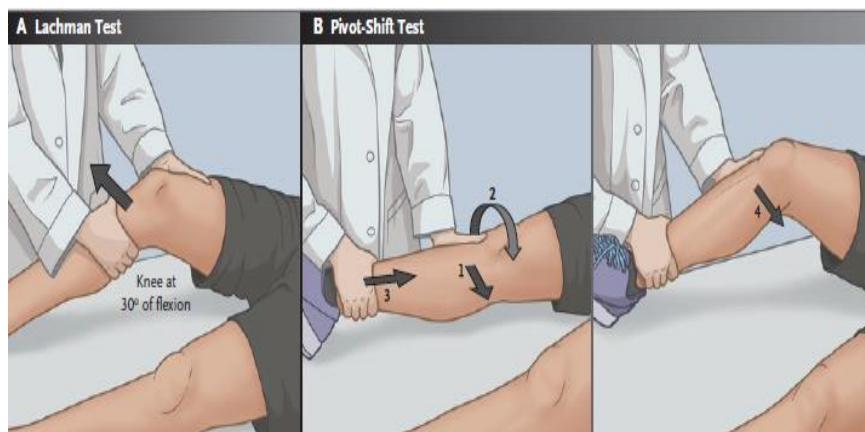
2. 2. 5 Tanda dan Gejala Klinis

Gejala klinis pasien dengan cedera ACL dapat bersifat akut atau kronik dengan ketidakstabilan yang rekuren. Evaluasi pada pasien cedera ACL harus segera dilakukan, namun umumnya terbatas oleh pembengkakan dan nyeri. Pada pasien dengan cedera akut lebih dari 50% akan merasakan pop saat terjadinya cedera, yaitu merasakan lutut keluar dari *socket*. Sekitar 80% dari pasien tersebut akan mengalami hemarthrosis yang cepat dalam 4 jam atau terdapat efusi. Cedera ACL dapat disertai dengan cedera lain, yaitu sekitar 50% disertai dengan robekan meniskus, dimana insidensi robekan meniskus lateral lebih tinggi dari pada meniskus medial. Patologi lain dapat disertai dengan pembengkakan tulang pada 70% kasus (umumnya kondilus femoralis lateral), cedera ligamen kollateral medial dan fraktur pada *plateau* tibia atau kondilus femoralis. Pasien dapat mengalami hemarthrosis yang menyebabkan meningkatnya volume intraarticular sehingga menimbulkan keterbatasan *range of motion* (ROM), dan nyeri.^{5,10}

Gejala klinis pada cedera ACL kronik antara lain berulangnya episode tidak stabil, umumnya pada saat dilakukan manuver *cutting*. Gejala dapat disertai dengan nyeri mekanik yang berhubungan dengan robeknya meniskus atau osteoarthrosis. Pada pemeriksaan fisik harus dilakukan pemeriksaan McMurray, untuk menilai meniskus. Pemeriksaan *pivot-shift* dan *jerk* dilakukan untuk menilai derajat instabilitas dari rotasi. Umumnya, pada kasus kronis didapatkan pemeriksaan Lachman yang negatif.⁵

Pemeriksaan fisik untuk cedera ACL antara lain:¹⁵

- 1 Lachman: Pasien dalam posisi supine. Dokter memposisikan lutut pada fleksi 15 – 30° dengan menahan *plateau* tibial dengan satu tangan dan bagian aspek proksimal lutut dengan tangan yang lain. Dokter memberikan tekanan perpendicular anterior pada tibia. Pemeriksaan dianggap positif bila di temukan pergeseran anterior dari tibia.
- 2 *Pivot-shift*: Pasien dalam posisi supine. Dokter mengekstensi secara penuh dan merotasi internal dari lutut pasien. Tangan dokter bagian distal memegang pergelangan kaki pasien untuk menjaga rotasi internal, dimana tangan yang lain palpasi *plateau* tibia lateral serta menginduksi stress valgus pada lutut. Kemudian dokter secara perlahan memfleksikan lutut. Hasil pemeriksaan dianggap positif bila saat fleksi 30° pertama, dokter mengobservasi atau palpasi subluksasi.
- 3 Pemeriksaan *anterior-drawer*: Pasien dalam posisi supine. Dokter memposisikan lutut pada fleksi 90° serta menstabilisasi tungkai dengan menduduki kaki pasien. Menggunakan kedua tangan, dokter memegang *plateau* tibia dan memberikan tekanan perpendicular anterior terhadap tibia. Pemeriksaan dianggap positif bila dokter melihat adanya pergeseran anterior dari tibia.



Gambar 2. 6 Pemeriksaan fisik Lachman dan Pivot-shift. ¹¹

2. 2. 6 Pemeriksaan Radiologi

Dalam penegakkan diagnosis ruptur ACL maka diperlukan beberapa pemeriksaan penunjang, berdasarkan rekomendasi *American Academy of Orthopaedic*

Surgeons, MRI merupakan pilihan pertama untuk penegakkan diagnostik yang non-invasif untuk mengidentifikasi patologi di lutut dan prosedur arthroscopic merupakan baku emas.¹⁶

1. X-ray (konvensional):

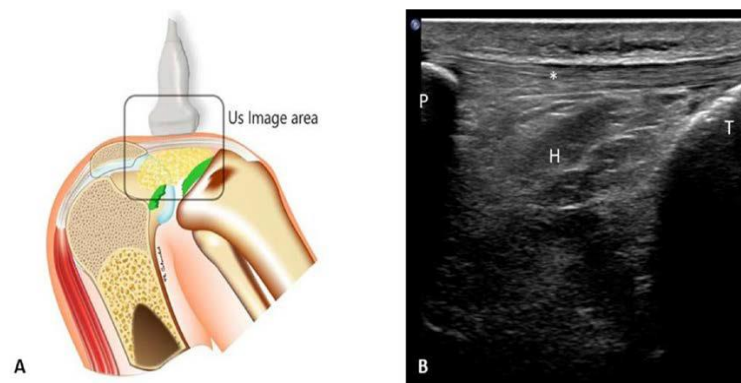
Merupakan Langkah pertama setelah pemeriksaan fisik untuk menyingkirkan diagnosis seperti fraktur, dislokasi, tumor, chondrocalcinosis, crystalline arthropathy dan osteoarthritis. Pemeriksaan harus dilakukan dengan posisi anteroposterior (AP), lateral pada sudut 30°, paterilofemoral dan posteroanterior dengan ekstensi dan sudut 45° pada kasus kronik atau individu yang lebih tua, oleh karena risiko untuk osteoarthritis.^{5,11}

2. Ultrasonography (USG):

Dapat digunakan untuk mengevaluasi ACL, memiliki beberapa keuntungan anatara lain, dapat cepat digunakan, tidak mahal, akses yang mudah dan memberikan kesempatan untuk pemeriksaan dinamis. Pemeriksaan dinamis dapat memvisualisasi efek gerakan terhadap fungsi dan stabilitas dari struktur lutut. Selain itu, USG dapat segera diinterpretasi sehingga dapat mempercepat penegakkan diagnosis. ACL berada pada bagian dalam jaringan lunak, sehingga tidak mudah untuk di deteksi, sehingga pemeriksaan dinamis dengan mertoasi kaki pasien secara internal dan external dapat membantu dalam mendeteksi ligamen. Probe linear transducer (7 – 9 MHz) diletakkan pada tendon patella dan dirotasi sekitar 30°. Bagian inferior dari probe berada pada medial dari tendon patella dan bagian superior probe berada pada lateral dari tendon patella. Pada ACL yang ruptur dapat terlihat tanda tidak langsung, yaitu: *notch* yang kosong (cairan intraartikular dan bukan ligamen), lesi hypoechoic pada insersi femoral dari ACL, protusi dari kapsul fibrous posterior dan penebalan bentuk-S dari PCL. Pada ACL ruptur yang *complete* dapat terlihat tidak ada pergerakan ke atas dari ACL dan Hoffa's pad, sedangkan pada ruptur ACL parsial dapat terlihat luka pada jaringan dan lebih sedikit pergerakan Hoffa's pad.^{16,17}

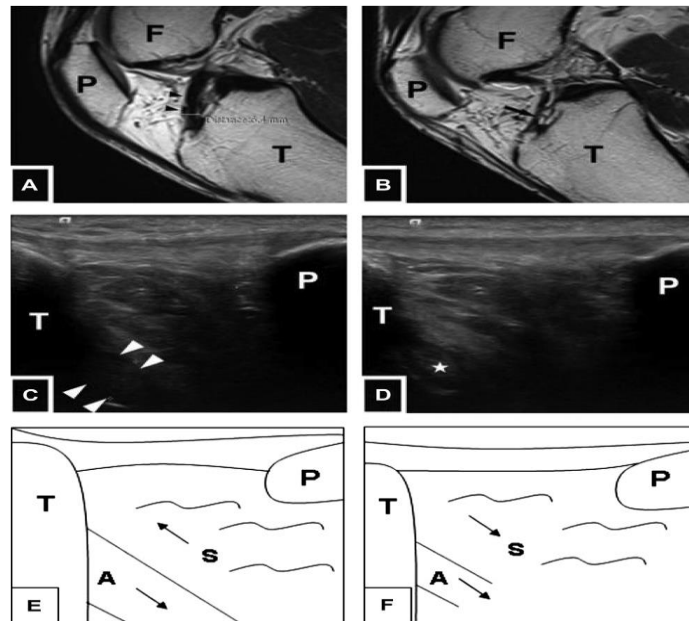


Gambar 2. 7 Posisi probe dalam visualisasi ACL. ¹⁷



Gambar 2. 8 Gambar anatomi saat lutut fleksi sempurna (pasien supine dengan fleksi pinggul) dengan ACL ruptur yang *lcomplete*. (A) Gambaran skematis. (B) ACL tidak terlihat. P = patella; H = Hoffa; * = tendon patella. ¹⁶

Prosedur pemeriksaan dapat dilakukan dengan cara lain, yaitu dengan menggunakan probe yang resolusi tinggi (6 – 13 MHz) dan pasien diposisikan berbaring dengan handuk digulung pada kaki bawah pasien untuk membuat kaki fleksi 20° (Gambar 2.9. A). Probe diletakkan pada pada bidang sagittal di fossa popliteal untuk melihat gambarang longitudinal dari kondilus femoralis medial dan tibial (Gambar 2.9.B). Dibuat garis referensi pada kondilus femoralis medial dan aspek posterior tibia untuk evaluasi selanjutnya, didapatkan jarak D1. Kemudian diberikan tekanan pada tibia (Gambar 2.9.C), untuk memberikan translasi anterior yang maksimal dari tibia terhadap femur dan jarak D2 didapat. Kemudian jarak antara D2 – D1 adalah D yaitu jarak translasi dari tibia. Apabila jarak translasi > 1 mm pada lutut yang cedera, maka secara signifikan terjadi robekan pada ACL, pada pasien dengan cedera lain (robekan pada meniskus medial, lateral atau ligamen kolateral lateral) dijumpai translasi > 3 mm. ¹⁸

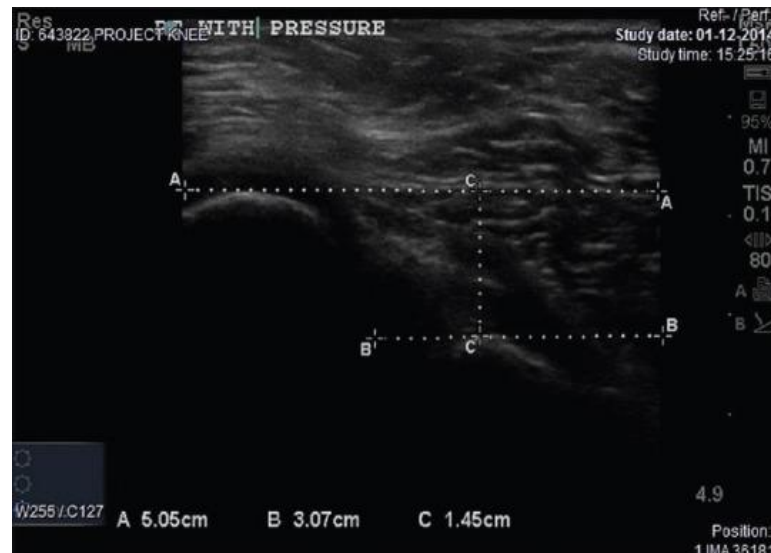


Gambar 2.9. Gambaran MRI dan USG pasien dengan ACL ruptur sebelah kiri. (A) Gambaran MRI ACL kanan yang normal, dengan diameter 6,4 mm; (B) Gambaran MRI ACL kiri yang ruptur, tanda panah menunjukkan ruptur ACL dengan diameter yang tipis; (C) USG ACL kanan yang normal, tanda panah putih menunjukkan gambaran ACL normal yang hypoechoic; (D) USG ACL kiri yang ruptur, bintang menunjukkan ACL ruptur dengan gambaran heteroechoic. (E,F) Gambaran USG dinamis saat tibia rotasi internal dan external; (E) jaringan lunak diatas ACL bergerak ke arah yang berlawanan dari ACL, pada ACL yang normal; (F) Jaringan lunak di atas ACL bergerak dengan arah yang sama dengan ACL pada ACL yang ruptur.¹⁷



Gambar 2. 10 Posisi pasien dan probe pada pemeriksaan ACL menggunakan USG. ¹⁸

Sensitivitas dan spesifisitas USG dalam mendeteksi ACL diperkirakan 85,4% dan 90,9%, apabila di dibandingkan dengan MRI, di dapatkan akurasi USG 86,4%. Sehingga, USG dapat digunakan sebagai modalitas lini pertama apabila MRI tidak tersedia. Pemeriksaan USG disertai dengan pemeriksaan dinamis, dijumpai akurasi yang tinggi dan memiliki banyak manfaat.¹⁹



Gambar 2.11. USG pada kaki kanan dengan tekanan. Dijumpai garis A adalah titik tertinggi dari kondilus femoralis. Garis B adalah titik tertinggi dari kondilus femoralis. CC adalah jarak antara kondilus femoralis dan tibialis, yang menunjukkan translasi pada penekanan.¹⁸

3. MRI:

Merupakan pilihan lini pertama untuk diagnosis ACL. Pada MRI, normalnya ACL akan terlihat pada *notch* intercondylar sebagai linear, dan umumnya memiliki struktur sinyal-rendah pada T1Wi; Terlihat gambaran *striations* di dekat insersi pada tibia medial ketika dilihat secara sagittal. Pada ACL yang ruptur tidak akan tervisualisasi atau hanya terlihat gambaran yang tidak teratur. T2Wi umumnya sangat penting dalam mendapatkan akurasi tertinggi untuk mendiagnosa rupturnya ACL, oleh karena umumnya cairan dan pendarahan akan menghalangi ligamen pada T1Wi. Ruptur yang parsial atau keseleo pada ACL akan terlihat gambaran sinyal yang tinggi pada ligamen yang utuh. MRI memiliki akurasi tertinggi dalam mendiagnosis ACL yang ruptur, dengan sensitivitas 100%.²⁰



Gambar 2.12. Gambaran ACL pada MRI. (A) ACL yang normal pada gambaran sagittal (tanda panah); (B) Gambaran sagittal dari ACL yang ruptur (tanda panah); (C) Gambaran oblik dari ACL yang ruptur (tanda panah); (D) Gambaran tipikal dari pembengkakan tulang pada ACL yang ruptur.¹¹

2. 2. 7 Tatalaksana

Tujuan dari tatalaksana pasien dengan ruptur ACL adalah untuk mengembalikan fungsi lutut, mengatasi masalah psikologis untuk kembali beraktivitas, mencegah untuk cedera lutut lebih lanjut dan mengurangi risiko untuk osteoarthritis lutut, serta mengoptimalkan kualitas hidup dalam jangka panjang. Pilihan tatalaksana untuk ruptur ACL antara lain:²¹

1. Rehabilitasi sebagai lini pertama (dilanjutkan dengan rekonstruksi ACL serta rehabilitasi post-operasi apabila pasien tidak stabil).
2. Rekonstruksi ACL merupakan lini pertama terapi, disertai rehabilitasi post-operasi
3. Pre-operatif dengan rehabilitasi kemudian rekonstruksi ACL dan rehabilitasi post-operasi.

Tindakan rekonstruksi merupakan indikasi pada pasien dengan tingkat aktivitas yang tinggi dan derajat tidak stabil yang berat. Tingkat aktivitas termasuk kegiatan olahraga serta aktivitas pekerjaan sehari – hari. Operasi disarankan pada atlet dengan nilai Tegner *activity* 10. Derajat tidak stabil dinilai dengan pemeriksaan manual KT1000 dimana hasil pemeriksaan translasi anterior yang lebih dari 7 mm, di definisikan sebagai keadaan tidak stabil. Pada kasus kronik dengan keadaan

tidak stabil yang rekuren, perlu dilakukan operasi.^{5,11} Terdapat beberapa kontraindikasi untuk tindakan operasi, antara lain:⁵

1. Infeksi yang aktif
2. Abrasi dari jaringan lunak
3. Pasien menolak untuk rehabilitasi.

Kontraindikasi relatif yaitu:⁵

1. Cedera pasien kurang dari 2 minggu
2. Tingkat aktivitas yang rendah
3. Osteoarthritis
4. Imaturitas tulang
5. Inflammatory arthropathy

2. 2. 7. 1 Terapi medis

Terapi non-operasi dilakukan pada pasien dengan tujuan untuk meminimalkan nyeri dan pembengkakan serta mengembalikan ROM. Obat-obatan anti inflamasi dan analgesia dapat digunakan pada fase akut untuk mengurangi nyeri. Rehabilitasi dilakukan dengan latihan ROM, menguatkan otot quadriceps, hamstrings, abduktor panggul dan otot perut secara gradual dan secara progresif kembali ke dalam aktivitas. Dilakukan evaluasi ulang setelah 6 – 12 minggu inisial cedera untuk menilai keberhasilan rehabilitasi dan untuk mempertimbangkan rekonstruksi ACL. Menggunakan pelindung (*brace*) dapat membantu mengembalikan stabilitas.^{5,11}

2. 2. 7. 2 Rekonstruksi ACL

1. Menentukan Waktu Operasi

Berdasarkan American Academy of Orthopedic Surgeons untuk tatalaksana cedera ACL direkomendasikan terapi medis atau non-operasi selama 12 minggu untuk ACL ruptur yang akut dan kemudian dilakukan evaluasi ulang untuk menilai kebutuhan operasi. Di rekomendasikan untuk rekonstruksi ACL dalam waktu 5 bulan setelah cedera, untuk mencegah terjadinya gangguan stabilitas yang rekuren dan cedera tambahan dari meniskus, kartilago articular atau keduanya. Menurut penelitian Shelbourn dan DeHaven, bahwa operasi yang dilakukan dalam 3 minggu awal setelah cedera dapat meningkatkan arthofibrosis dan hasil yang

buruk. Berdasarkan hasil penelitian observasi pada 5000 pasien, dijumpai risiko untuk operasi meniskus medial lebih besar 2 kali lipat ketika rekonstruksi ACL ditunda lebih dari 5 bulan setelah cedera dan lebih besar 6 kali lipat ketika ditunda lebih dari 1 tahun.^{5,11}

2. Pemilihan graft

Dalam memilih tipe *graft*, harus berdasarkan faktor pasien (usia, maturitas tulang dan tingkat aktivitas). *Graft* yang baik untuk rekonstruksi ACL adalah *graft* yang secara biomekanis mirip dengan ligamen asli, mudah untuk diambil, memiliki morbiditas paling rendah dan sesuai dengan tulang.^{22,23}

1. *Autograft*: Berdasarkan hasil penelitian Wasserstein *et al*, tingkat kegagalan lebih tinggi 2,6 kali lipat dengan menggunakan *allograft* dibandingkan dengan autograft pada pasien dengan usia < 25 tahun. Sehingga *autograft* tetap merupakan pilihan pada atlet muda dengan aktivitas atletik yang tinggi.²² Terdapat 3 pilihan untuk *autograft*.

1. Bone-Patella Tendon Bone (BPTB): merupakan pilihan baku emas untuk rekonstruksi ACL. BPTB dipilih oleh karena hasil klinis yang baik dan tingkat kepuasan pasien yang tinggi. Ligamen terdiri dari 1/3 tengah tendon patellar dengan melekatnya patella dan tulang tuberositas tibial pada bagian proksimal dan distal dari graft. Hal ini mengizinkan tulang untuk cepat sembuh pada terowongan tibial dan femoral. Berdasarkan pemantauan jangka panjang (17 – 20 tahun) menunjukkan sebanyak 83% pasien memiliki fungsi yang stabil, normal atau mendekati normal dan 1,6% pasien memerlukan revisi. Beberapa komplikasi termasuk ruptur tendon patellar, fraktur patellar/tibial, lemahnya quadriceps, hilangnya kemampuan untuk ekstensi penuh, nyeri lutut bagian anterior, sulitnya untuk berlutut dan cedera pada cabang infrapatellar dari saraf saphenous menyebabkan mati rasa. Graft ini dihindari pada pasien dengan pekerjaan atau gaya hidupnya yang cenderung berlutut.^{23,24}

2. Hamstring Tendon (HT): terdiri dari tendon semitendinosus dengan atau tanpa tendon gracilis diambil pada kaki ipsilateral. Keuntungan dari graft HS adalah tidak adanya risiko untuk fraktur patella atau tuberositas tibia, avulsi, nyeri saat berlutut. Kerugian dari HS adalah berkurangnya kekuatan fleksi lutut, palsy dari saraf sciatic atau saphenous. Berdasarkan penelitian

dijumpai risiko kegagalan graft HS lebih tinggi dibandingkan BPTB dalam *follow up* 5 tahun. Berdasarkan hasil pemantauan jangka panjang kurang lebih 15 tahun, 75% pasien memiliki skor yang normal atau mendekati normal. Kejadian ruptur kembali adalah 17%.^{23,24}

3. Quadriceps Tendon (QT): Pada studi klinis QT menunjukkan kekuatan yang baik, morbiditas pada donor yang rendah dan hasil akhir yang baik. QT graft telah digunakan untuk operasi revisi ACL, namun belum diterima secara umum untuk rekonstruksi ACL primer. Berdasarkan studi klinis, menunjukkan hasil yang baik dari *autograft* QT dan stabilitas dibandingkan dengan BPTB dan HT berdasarkan pemeriksaan Lachman, pivot-shift, skor IKDC dan skor Lysholm, serta morbiditas yang rendah.²²
2. *Allograft*: dapat digunakan pada pasien menengah ke atas dengan aktivitas rekreasional, dijumpai memiliki hasil yang ekuivalen dengan *autograft*, namun disertai dengan rehabilitasi yang ketat selama 8 – 12 bulan sebelum kembali aktivitas rekreasional. Beberapa tendon yang dapat digunakan adalah tendon tibialis anterior dan posterior, Achilles, HS dan BPTB. Direkomendasikan untuk sterilisasi dengan iradiasi atau ethylene glycol untuk mengurangi reaksi imunogenik dan transmisi penyakit. Keuntungan dari penggunaan *allograft* adalah tidak ada morbiditas dari daerah yang diambil, ukuran graft yang dapat di prediksi, waktu operasi yang lebih singkat, mudah digunakan pada keadaan yang membutuhkan multi-ligamen dan revisi, serta periode penyembuhan yang lebih cepat. Kerugian rekonstruksi dengan *allograft* antara lain transmisi penyakit, respon imunogenik, dan efek dari teknik pemorsesan *allograft* yang memiliki risiko gagal. *Allograft* yang di iradiasi memiliki kemungkinan gagal yang lebih besar, oleh karena berkurangnya fungsi mekanis karena sterilisasi dan menstimulasi respon inflamasi.²²⁻²⁴
3. Sintetik graft: mengurangi kejadian morbiditas pada donor dan transmisi penyakit, namun penggunaannya dalam rekonstruksi ACL masih terbatas dengan kegagalan yang berulang. Belum terdapat graft sintetik yang sempurna hingga saat ini.²⁴

3. Teknik rekonstruksi ACL

1. Operasi rekonstruksi *double bundle* (DB):

Secara umum dipertimbangkan untuk pasien dengan lokasi insersi tibial yang besar (panjang anteroposterior > 14 mm), memiliki intercondylar notch yang besar (panjang dan lebar > 14mm), tidak ada cedera ligamen lain, tidak ada perubahan arthritic (derajat Kellgren Lawrence < 3), tidak adanya pembengkakan tulang dan physes yang tertutup. Tujuan dari *graft double bundle* adalah untuk rekonstruksi dari *bundle* anteromedial dan posterolateral, serta untuk mengebalikan anatomis lutut dan kinematik lutut. Secara teoritis rekonstruksi DB akan mengembalikan struktur semula ACL lebih tepat dibandingkan SB.^{22,25}

2. Operasi rekonstruksi *single bundle* (SB):

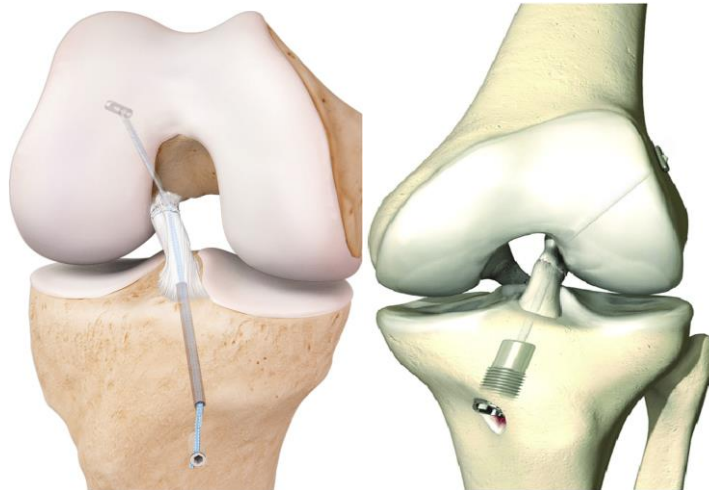
Dindikasikan pada pasien dengan lokasi insersi tibia < 14 mm, pendeknya jarak *notch* (kurang dari 12 mm), adanya cedera ligamen yang lain, pembengkakan tulang yang berat, perubahan arthritic yang berat (derajat Kellgren Lawrence ≥ 3) dan physes yang terbuka. Rekonstruksi SB akan mengembalikan stabilitas tibia anteroposterior, tetapi tidak efektif dalam mengembalikan stabilitas rotasional.^{22,25}

Rekonstruksi ACL atau rekonstruksi *bundle* merupakan pilihan terapi, augmentasi dengan *internal brace* merupakan perkembangan dari operasi ACL dengan tujuan untuk melindungi *graft* dan memfasilitasi keamanan dan efisiensi saat kembali aktivitas dan mengurangi risiko cedera²²:

3. Internal Brace Ligament Augmentation (IBLA):

Menggunakan *polyethylene tape* 2,5 mm untuk menghubungkan dari tempat anatomis posisi *bundle* tengah dari ACL kepada femur dan tibia. IBLA merupakan solusi untuk tingginya kegagalan operasi ACL, berfungsi sebagai pelindung mekanis yang dapat meningkatkan penyembuhan ligamen. IBLA digunakan untuk perbaikan ACL pada pediatrik dan perbaikan medial collateral ligament.²⁶

4. Dynamic Intraligamentary Stabilization (DIS): menggunakan *braided polyethylene wire* (PE) 1,8 mm, yang melekat pada komponen tibia, melewati sendi lutut, melalui ACL yang robek. Keluar melalui bagian aspek lateral dari distal femur dan di fiksasi dengan kancing.²⁶



Gambar 2. 13 Pemasangan protesa pada sendi lutut (A) *Internal brace ligament augmentation*; (B) *Dynamic intraligamentary stabilization*.²⁸

4. Prosedur rekonstruksi ACL

Sebagian besar kasus operasi dilakukan secara artroskopi. Pasien diletakkan secara supine di atas meja operasi, dan sebuah tourniquet dipasang. Kaki diposisikan dengan sandaran kaki dan penyangga samping, sehingga kaki tetap dalam fleksi 70-90°. Artroskopi dilakukan untuk mengidentifikasi patologi meniskus dan untuk membersihkan sisa ACL dari femoralis notch.

Graft kemudian diambil pada tahap selanjutnya. *Graft* kemudian dibuat sedemikian rupa sehingga dapat melewati terowongan di tulang paha dan tibia. Terowongan femoralis biasanya disiapkan terlebih dahulu. Terowongan ditempatkan secara posterolateral di persimpangan atap dan dinding samping (posisi jam 1 hingga 2 [lutut kiri]). Terowongan diperbesar untuk memungkinkan jalannya *graft*. Terowongan tibialis kemudian disiapkan. Lubang bor muncul pada titik sepertiga hingga setengah jarak antara spine tibialis medial dan lateral, pada titik di anterior posterior cruciate ligament (PCL). Saat menggunakan teknik transtibial, dokter mempersiapkan terowongan tibialis terlebih dahulu. Femur kemudian dibor melalui terowongan tibialis. Posisi yang benar penting untuk memungkinkan persiapan femoralis yang benar. *Graft* kemudian dilewatkan melalui terowongan tibialis ke dalam terowongan femoralis. Fiksasi kemudian dapat dilakukan dengan berbagai cara. Fase terakhir melibatkan penilaian untuk memastikan bahwa *graft* tidak mengenai aspek anterior notch femoralis. Luka kemudian ditutup.⁵

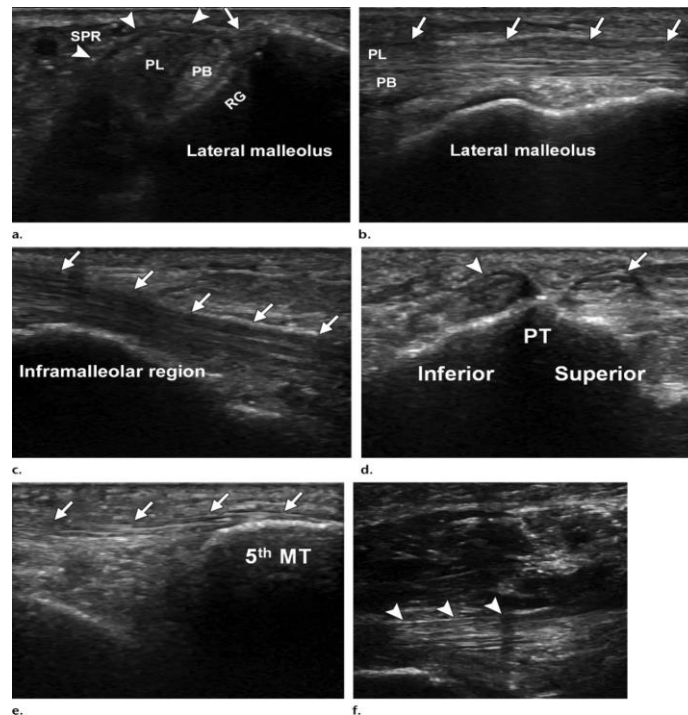
5. Terapi post operasi

Setelah operasi harus memantau nyeri, penyembuhan luka, komplikasi neurovascular, mencegah terjadinya DVT dan rehabilitasi. Untuk mengatasi nyeri dapat diberikan analgesia lokal, terapi dingin dengan es dan pemberian obat anti inflamasi. Rehabilitasi bertujuan untuk memaksimalkan ROM, mencegah hypotrophy otot, mengurangi nyeri serta pembengkakan dan mencegah stress yang berlebihan pada ligamen, Rehabilitasi dimulai pada minggu pertama setelah operasi dan dilanjutkan selama 6 – 9 bulan (2 atau 3 kali seminggu) sebelum kembali pada aktivitas olahraga.^{5,11}

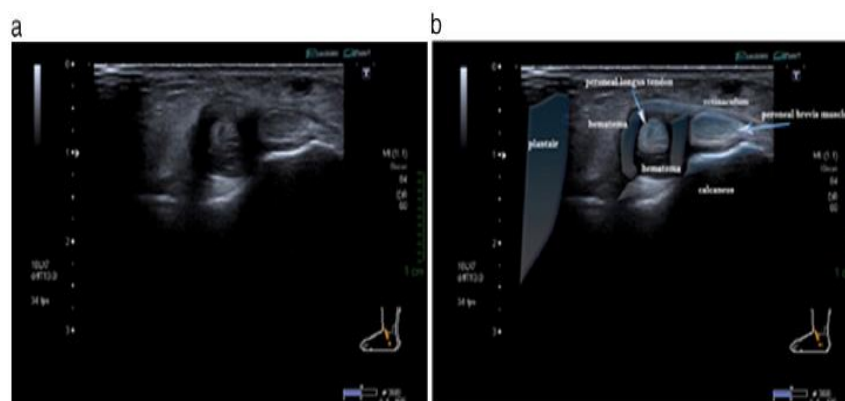
2. 3 Kesesuaian diameter tendon longus peroneal menggunakan ultrasonography (USG) dan magnetic resonance imaging (MRI) dengan diameter intraoperatif

2. 3. 1 USG dan MRI tendon longus peroneal

Dalam mendiagnosis tendon peroneal, pemeriksaan USG merupakan metode utama, oleh karena tidak mahal, tidak invasif, hasil pemeriksaan gambar dengan resolusi yang tinggi dan memungkinkan untuk pemeriksaan dinamis. USG dilakukan dengan posisi pasien supine dan pinggul sedikit fleksi dan rotasi internal, lutut fleksi sekitar 30° dan bagian medial kaki istirahat pada meja pemeriksaan. Pemeriksaan dilakukan dengan memberikan penunjang yang keras pada tendon Achilles dan meminta pasien untuk menggerakkan pergelangan kaki. Tendon longus peroneal paling baik diperiksa pada posisi *prone* dan dapat dinilai pada bagian lateral malleolus. Transducer diletakkan untuk pada tendon peroneal untuk menilai tendon pada aksis-pendek. Oleh karena tendon melingkar pada malleolus, miringkan transducer agar pancaran USG sejajar dengan tendon dan menghindari anisotropy. Terus ikuti tendon keatas kira – kira 5 cm dan kebawah hingga regio inframalleolar. Pemeriksaan dilakukan hingga tingkatan peroneal tuberkel dari kalkaneus, serta peroneus longus turun hingga os peroneum dapat terlihat. Pemeriksaan dilakukan mengikuti peroneus brevis hingga dasar dari metatarsal kelima. Periksa superior dan inferior dari peroneal retinacula. Terlihat struktur hyperechoic dengan margin yang regular dan gambaran fibrillar pada scan longitudinal.^{27,28}



Gambar 2.14. Pemeriksaan USG Tendon Peroneal Normal. (A) USG aksis pendek, tendon peroneal pada fibular retromalleolar groove (RG). Peroneus Brevis (PB) memiliki gambaran echogenic normal; Peroneus Longus (PL) memiliki gambaran heterogenous dan hypoechoic oleh karena anisotropy. Superior Peroneal Retinaculum (SPR) (kepala tanda panah) gambaran echogenic superficial terhadap tendon peroneal dengan ridge yang kecil, echogenic, triangular dan fibrocartilaginous pada pelekatan fibular (tanda panah). (B) Aksis panjang dari USG, terlihat tendon PL dan PB (tanda panah). (C) Aksis panjang terlihat gambaran heterogenous, hypoechoic, fibrillar pada tendon peroneal (tanda panah) oleh karena anisotropy pada regio inframalleolar. (D) Aksis pendek dari USG menunjukkan gambaran echogenic PB (tanda panah) dan PL (kepala tanda panah) pada peroneal tubercle (PT). (E) Aksis panjang dari USG menunjukkan echogenic fibrillar normal pada tendon PB (tanda panah) distal dari PT serta melekat pada tuberositas metatarsal kelima. (F) Aksis panjang USG menunjukkan gambaran normal echogenic fibrillar dari aspek plantar tendon PL (kepala tanda panah).²⁹



Gambar 2. 15 Total ruptur tendon llongus peroneus.³⁰

Pemeriksaan MRI pada pergelangan kaki dilakukan pada pasien dengan posisi supine dan pergelangan kaki dalam posisi neutral, dengan fleksi plantar 20°. Fleksi plantar membantu untuk memisahkan tendon peroneal dari pembungkus peroneal.²⁹



Gambar 2.16. Gambaran Tendon Lateral pada MRI. (A) Potongan Axial T1. Tendon PB (panah biru) dan tendon PL (panah merah) dengan arah posterior menuju lateral malleolus (LM), dengan tendon PB berada anteromedial dari tendon PL. Superior peroneal retinaculum berada di atas tendon (tanda panah oranye). (B) Potongan Koronal T1. Tendon PB (panah merah) melewati bagian lateral dari tendon PL (panah biru). (C) Potongan Sagittal PD FS> Tendon Pb masuk pada dasar metatarsal kelma (5th met). Tendon PL (panah merah_ secara parsial tervisualisasi posterior dari tendon PB. (D,E) Axial dan Koronal T1. Tendon PB (panah biru) melewati anterosuperior dan tendon PL (panah merah) melewati posteroinferior menuju tuberkel dari kalkaneus (PeT). (F) Sagittall PD FS. Tendon PL (panah merah) melewati bagian plantar dari kaki tengah.³¹

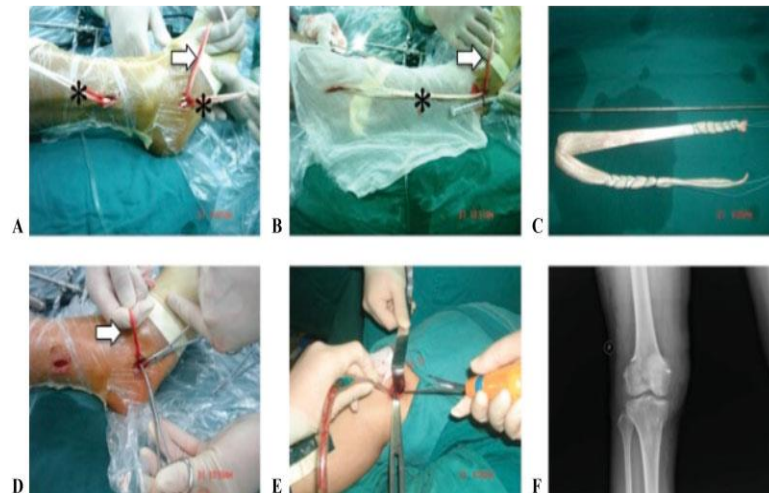
2. 3. 2 Tendon longus peroneal pada cedera ACL

Rekonstruksi ACL diperlukan untuk mengembalikan fungsi stabilitas dari lutut. Terdapat beberapa pilhan *graft*, termasuk tendon *hamstring* (HS), *bone-patellar tendon-bone* (BPTB). BPTB merupakan baku emas untuk rekonstruksi, namun memiliki risiko untuk meningkatkan morbiditas pada daerah cangkok, yaitu nyeri patellofemoral, fraktur patella, pendekatan yang invasif serta nyeri pada bagian anterior lutut saat berlutut. Nyeri pada saat berlutut penting pada populasi Asia, khususnya Indonesia, oleh karena perlu berlutut saat berdoa. Oleh karena alasan tersebut, penggunaan HS *autograft* semakin meningkat. HS sebagai *autograft* mudah untuk di cangkok, namun sulit untuk memprediksi ukuran *graft* dan berpotensi dalam mengurangi kekuatan otot *hamstring*. Sehingga beberapa orthopedi menyarankan untuk menggunakan tendon longus peroneal sebagai

alternatif dengan menggunakan tendon longus peroneal. Tendon tersebut telah digunakan pada beberapa prosedur orthopedi yaitu rekonstruksi ligamen deltoid dan ligamen patellofemoral medial. Prosedur tersebut memungkinkan oleh karena terdapatnya fungsi yang sinergis antara peroneus longus tendon (PLT) dan peroneus brevis (PB). Beberapa studi menemukan bahwa PB lebih efektif sebagai evertor pada pergelangan kaki, sehingga PLT dapat digunakan sebagai cangkok. Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa PLT tidak memberikan dampak gangguan saat berjalan serta tidak mengganggu stabilitas lutut.^{32,33,34}

Proses cangkok dari PLT dilakukan pada kaki ipsilateral. Lokasi insisi ditandai 2 – 3 cm dari atas dan 1 cm dari belakang malleolus lateral. Insisi dilakukan melewati kulit, jaringan subkutaneus dan fasica superfisial. Kemudian PLT dan PBT teridentifikasi. Lokasi dari tendon yang terbagi ditandai 2 – 3 cm dari atas malleolus lateral. PLT kemudian dikeluarkan secara proksimal, menggunakan *stripper* tendon hingga $\pm 4 - 5$ cm dibawah kepala fibular untuk menghindari cedera saran peroneal.³²

Berdasarkan hasil penelitian Rhatomy S, et al yang merekonstruksi ACL dengan *single bundle graft* PLT, dijumpai rata – rata diameter PLT pada saat intraoperatif adalah $8,38 \pm 0,68$ mm. Diameter *graft* yang lebih besar dari 8 mm dijumpai memberikan efek protektif pada pasien dengan usia lebih muda dari 20 tahun. Pada penelitian ini dijumpai diameter *graft* lebih dari 8 mm, sehingga PLT berpotensi sebagai *autograft* untuk rekonstruksi ACL, meminimalkan risiko untuk ruptur berulang. Penggunaan HS (semitendinosus dan gracilis) untuk cangkok dapat menyebabkan hipotrofi pada paha dan berkurangnya kekuatan otot *hamstring*, khususnya pada sudut fleksi. Ketidakseimbangan dari *hamstring* dapat membuat ketidakstabilan dari dinamis lutut. Kaki yang cedera ACL dengan *graft* HS umumnya memiliki sirkumferensial kaki yang lebih kecil dari kaki yang normal. Pada penelitian ni dijumpai sirkumferensial yang sama. Rata – rata sirkumferensial paha 10 cm dari puncak atas patella adalah $45,33 \pm 2,66$ pada lokasi cedera dan $46,10 \pm 2,8$ pada sisi kontralateral. Rata – rata sirkumferensial 20 cm dari puncak atas patella adalah $53,41 \pm 3,46$ pada lokasi cedera dan $54,43 \pm 3,36$ pada sisi kontralateral. Serta ditemukan fungsi kaki yang baik, dengan morbiditas yang minimal setelah 2 tahun post-operasi.³²



Gambar 2.17. Rekonstruksi dari ACL dengan *autograft* dari ipsilateral PLT disertai cedera MCL. (A – E) Gambaran representative pada saat operasi. (A) Menentukan PLT (bintang) dan PBT (tanda panah). (B) Panjang PLT secara umum adalah 30 cm, diameter 8 – 9 mm. PLT di reseksi 1 – 1,5 cm proksimal dari tempat insersi distal. (C) kedua ujung PLT di jahit untuk rekonstruksi ACL. (D) Retensi dari PLT dan PBT di jahit. (E) MCL diperbaiki. (F) Gambaran X-ray 3 hari setelah operasi.³⁵

Rudy, et al membandingkan kekuatan PLT dan HS pada penelitian biomekanik. Didapatkan rata-rata 12 sampel PLT memiliki kekuatan 446,2 N dengan standart deviasi 233,3 sedangkan rata-rata kekuatan 12 sampel HS adalah 405,9 N dengan standart deviasi 202,9. Berdasarkan hasil tersebut yang di analisa dengan *t-test* didapatkan variasi kekuatan tersebut memiliki nilai $p = 0,4519$ ($p > 0,005$), sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa tidak dijumpai perbedaan yang signifikan antara HS dan PLT.³⁴

Berdasarkan penelitian Rhatomy S, et al yang membandingkan *autograft* PLT dan HS untuk rekonstruksi *single bundle* ACL. Didapatkan diameter saat intraoperatif *graft* PLT ($8,8 \pm 0,7$ mm dengan rentang 8 – 10 mm) lebih besar daripada HS ($8,2 \pm 0,8$ mm, rentang 7 – 9 mm) ($p = 0,012$) dengan perbedaan antara kedua *graft* 0,6 mm. Studi sebelumnya menunjukkan diameter *graft* 8,5 mm memiliki tingkat revisi 1,7%. Dimana risiko pasien untuk revisi rekonstruksi ACL 0,82 lebih rendah setiap peningkatan diameter *graft* 0,5 mm, ketebalan antara 7 – 9 mm. Setelah 1 tahun tidak dijumpai perbedaan yang signifikan antara hasil fungsional dari HS dan PLT. Dijumpai nilai hipotrofi paha dengan *graft* HS setelah 1 tahun secara signifikan lebih besar ($p = 0,002$). *Graft* dengan HS memiliki rata-rata berkurangnya sirkumferensial paha $11,4 \pm 3,6$ mm dibandingkan kelompok PLT berkurangnya rata-rata sirkumferensial paha $2,5 \pm 0,5$ mm. Peneliti menilai

fungsi *pergelangan kaki* dengan skor AOFAS-Hindfoot dan FADI dimana menunjukkan hasil yang baik.³³

Rata – rata panjang ACL adalah 38 mm (25 – 41 mm) dengan rata – rata lebar 10 mm (7 – 12 mm). Berdasarkan evaluasi pasien dengan berat badan kurang dari 50 kg, tinggi badan kurang dari 140 cm, dengan sirkumferensail paha kurang dari 37 cm dan BMI kurang dari 18 merupakan risiko tinggi untuk diameter *graft* HS kurang dari 7 mm. *Graft* PLT dapat digunakan untuk rekonstruksi ACL, oleh karena *graft* ini mudah untuk di cangkok dengan komplikasi yang minimal. Namun, PLT berfungsi untuk stabilisasi kaki dan pergelangan kaki. Apabila PLT di cangkok maka dapat menyebabkan komplikasi jangka panjang. Sehingga, peneliti Liu CT hanya menggunakan setengah dari PLT, yang digunakan sebagai tambahan untuk *graft* HS dalam rekonstruksi ACL. Pada penelitian ini 8 wanita Asia tidak memiliki *graft* HS yang cukup, diameter 6,2 mm (6 – 6,5 mm) sehingga di augmentasi dengan setengah-PLT menjadi 9,6 mm (9,5 – 10 mm). Tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antara lutut yang normal dan cedera oleh skor KT-1000, serta tidak ditemukan morbiditas pada pergelangan kaki donor.³⁶

Berdasarkan hasil penelitian Angthong C, et al bahwa PLT tidak disarankan sebagai pilihan pertama dalam rekonstruksi ACL, oleh karena beberapa morbiditas yang terjadi dalam 12 bulan pertama setelah operasi. Namun, PLT tetap dapat dijadikan sebagai donor alternatif pada keadaan tidak stabil yang multipel sehingga membutuhkan beberapa donor tendon untuk rekonstruksi. Ditemukan dalam evaluasi klinis pemeriksaan varus talar tilt menunjukkan kelemahan pada 8,4% pasien. Kekuatan untuk eversi berkurang menjadi derajat IV pada 16,7% pasien dan kekuatan plantar pfleksi menjadi derajat IV+ pada 100%. Hal ini ditemukan setelah rata – rata evaluasi 13 bulan, sehingga mungkin terjadi ketidakstabilan pergelangan kaki dalam 12 bulan pertama setelah operasi. Dibutuhkan rehabilitasi yang memperkuat eversi *pergelangan kaki* serta *proprioceptive*.³⁷

2. 3. 3 Kesesuaian diameter USG dan MRI TLP sebagai graft

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi operasi rekonstruksi ACL, yaitu termasuk usia, aktivitas olahraga, Diameter *graft* memiliki peran penting dalam tingkat keberhasilan rekonstruksi ACL. Menurut Magnussen et al, minimal diameter *graft* adalah 7 mm untuk menghindari perlunya operasi revisi. Beberapa peneliti lain berpendapat bahwa diameter *graft* yang diterima adalah tidak kurang

dari 8 mm. Snaebjornsson et al menunjukkan bahwa diameter *graft* 7 – 10 mm, dan setiap peningkatan 0,5 mm mengurangi risiko operasi revisi 0,86 kali.^{38–40}

Menurut hasil penelitian Song et al, terdapat beberapa faktor antropometri, antara lain tinggi, berat badan dan durasi cedera yang mempengaruhi diameter *graft* PLT. Cedera ACL lebih dari 3 bulan berhubungan dengan *graft* PLT yang lebih tipis ($p = 0,012$).³⁸ Hasil ini sesuai dengan penelitian Sakti M et al terhadap populasi penelitian di Sulawesi Selatan, bahwa tinggi, berat badan, *true leg length* (TLL) dan panjang betis mempengaruhi diameter *autograft* PLT. Panjang *autograft* dipengaruhi oleh tinggi badan dan TLL. Pasien dengan TLL yang pendek umumnya memiliki panjang PLT yang pendek. Pasien dengan berat badan kurang dari 44 kg, tinggi badan kurang dari 153 cm, TLL kurang dari 72 cm dan panjang betis kurang dari 28 cm harus dianggap berisiko tinggi untuk memiliki diameter PLT kurang dari 7 mm. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, peneliti dapat memprediksi diameter dan panjang *autograft* PLT:⁴¹

Diameter *autograft* PLT:

1. Diameter *autograft* PLT = $5.406 + 0.038$ (BB (kg))
2. Diameter *autograft* PLT = 0.072 (TB (cm)) – 4.003
3. Diameter *autograft* PLT = $1.468 + 0.078$ (TLL (cm))
4. Diameter *autograft* PLT = $2.464 + 0.162$ (Panjang Betis (cm))

Panjang *autograft* PLT:

1. Panjang *autograft* PLT = $2.970 + 0.075$ (TB (cm))
2. Panjang *autograft* PLT = $6.896 + 0.102$ (TLL (cm))

USG merupakan metode yang dipilih untuk memeriksa cedera tendon peroneal, oleh karena sifatnya yang tidak invasif, tidak mahal, resolusi gambar yang tinggi dan memungkinkan untuk pemeriksaan dinamis.²⁷ Pentingnya bagi dokter bedah untuk memprediksi pasien memiliki diameter tendon yang adekuat, maka dapat dilakukan pemeriksaan preoperatif, sumber *graft* alternatif dan konseling dengan pasien mengenai pemilihan *graft*. Berdasarkan penelitian Erquicia et al, yang mengukur *cross-sectional area* (CSA) dari tendon semitendinosus (ST) dan tendon gracilis (GT) dengan USG dan saat intraoperatif. Didapatkan bahwa terdapat korelasi yang signifikan pengukuran CSA dengan USG dan diameter *graft* tendon. Yaitu 0,506 ($p = 0,003$). Ketika nilai CSA > 14 mm², ditemukan 17 dari 21 pasien memiliki diameter HS ≥ 8 mm, sehingga memiliki

sensitivitas 80,8%. Serta ditemukan *graft* kurang dari 8 mm pada 7 dari 7 pasien, sehingga memiliki spesifitas 100%.⁴²

Menurut penelitian Surmanont S, et al USG dapat mengevaluasi panjang *graft* ST yang kurang dari 28 cm dengan sensitivitas 94,7% dan spesifitas 76,2%. Korelasi yang kuat dijumpai antara pengukuran USG dengan panjang *graft* ST ($r = 0,772$). USG dapat mendeteksi diameter ST yang adekuat ≥ 8 mm dengan CSA 16 mm^2 , memiliki nilai sensitivitas 73,9% dan spesifitas 76,5%. Korelasi yang lemah ditemukan pada pemeriksaan CSA dengan USG dan diameter *graft* ST ($r = 0,207$).⁴³

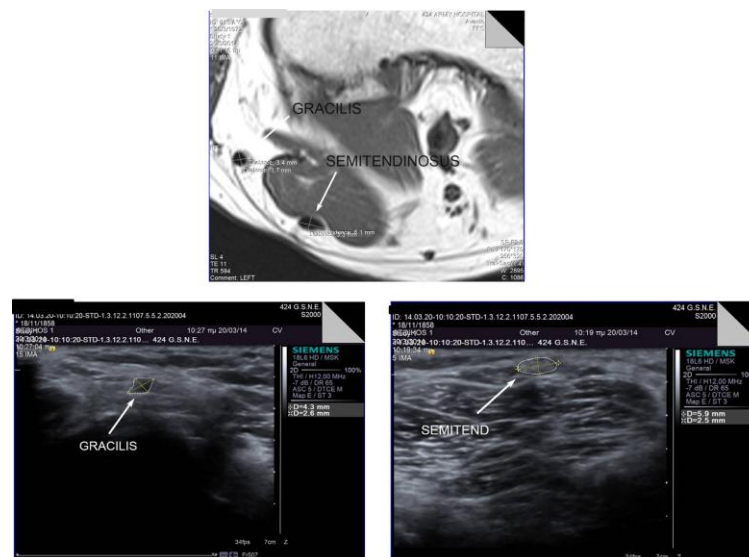
Namun pada penelitian oleh Astur DC, et al yang mengevaluasi diameter tendon HS sebelum operasi pada pasien dengan cedera ACL. Berdasarkan penelitian tersebut, tidak dijumpai korelasi yang signifikan antara pengukuran preoperatif USG dengan pengukuran intraoperatif dari semitendinosus dan tendon gracilis. Hasil yang sama ditemukan pada penelitian Momaya AM, et al dimana hasil pengukuran diameter *graft* HS dengan USG adalah $8,9 \pm 0,98$ mm sedangkan ukuran *graft* HS pada intraoperatif adalah $8,1 \pm 0,89$ mm. Korelasi Pearson antara USG dan ukuran intraoperatif *graft* adalah 0,38. Tidak ada hubungannya hasil pemeriksaan USG dengan pengukuran tendon *graft* dapat disebabkan karena USG bergantung pada pemeriksa, serta pengukur tendon dapat mengalami deformitas spatial dengan penekanan transducer oleh pemeriksa yang tidak tepat dan posisi yang berbeda pada saat pemeriksaan.^{44,45}

Pengukuran preoperatif dengan MRI menghitung CSA dari tendon dapat digunakan sebagai suatu alat untuk memprediksi diameter *graft*. Namun, pemeriksaan CSA dengan MRI mungkin dipengaruhi oleh derajat magnifikasi, resolusi gambar atau metode pengukuran. Berdasarkan penelitian Erquicia et al, pengukuran ST dan GT dengan MRI, didapatkan korelasi yang lebih tinggi dengan magnifikasi 4x (0,86) dari pada MRI dengan magnifikasi 2x (0,54). Diameter *graft* ≥ 8 mm diobservasi pada 76,9% pasien dengan CSA $> 25 \text{ mm}^2$ pada MRI magnifikasi 2x dan pada 96,2% pasien dengan CSA $> 17 \text{ mm}^2$ pada MRI magnifikasi 4x.⁴² Hasil tersebut sesuai dengan penelitian oleh Letter J, et al yaitu pemeriksaan preoperatif MRI untuk pengukuran CSA dapat digunakan untuk perencanaan operasi dalam menentukan ukuran *graft*. MRI memiliki sensitivitas 70% dan spesifitas 74% dalam menilai ST dan GT.⁴⁶

Korelasi pengukuran diameter *graft* menggunakan ultrasonography (USG) dan magnetic resonance imaging (MRI) dengan diameter intraoperatif untuk menilai kelayakan dilakukan *graft* pada rekonstruksi pasien cedera ligamentum curiatum anterior didapatkan korelasi antara diameter *graft* dan CSA 0,563 (GT0 dan 0,807 (ST) pada MRI, serta 0,498 (GT) dan 0,612 (ST) untuk USG. Berdasarkan hasil tersebut didapatkan koefisien korelasi MRI dan USG masing – masing adalah 0,813 dan 0,518 yang dibandingkan dengan tendon intraoperatif. Korelasi yang lebih rendah pada USG dapat disebabkan oleh lokasi probe, orientasi dan tekanan oleh pemeriksa.⁴⁷ Didapatkan perhitungan regresi untuk *graft* ACL:

1. MRI: $5,218 + 0,119 \times \text{CSA}$
2. USG: $6,304 + 0,081 \times \text{CSA}$

Berdasarkan hasil penelitian Galanis et al, dapat disimpulkan bahwa MRI dapat memprediksi ukuran final dari *graft* ACL dan USG tidak adekuat dalam memprediksi pasti ukuran *graft* ACL. Namun, apabila tujuan dari pengukuran preoperatif adalah menilai ukuran minimal dari *graft* untuk mencegah kegagalan, maka USG dapat digunakan sebagai alternatif yang lebih murah dan mudah dibandingkan MRI.⁴⁷



Gambar 2.18. Gambaran Tendon Semitendinosus dan Tendon Gracilis pada USG dan MRI Gambar atas: potongan axial T-1 dari lut kiri dengan magnifikasi 4 kali. *Cross sectional area* (CSA) dari Tendon semitendinosus (ST) dan tendon gracilis (GT). Gambar bawah: USG dan CSA dari ST dan GT dihitung dengan alat ellipse (titik putih).⁴⁷