

Sampul Tesis

**HUBUNGAN ANTARA RUPTUR ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT
(ACL) TERHADAP DERAJAT BONE BRUISE DAN KONDISI
MENISCAL PADA PASIEN CEDERA LUTUT AKUT DENGAN
PENCITRAAN MRI LUTUT**

**M. ARFANDI AR
C125191002**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS (SP-1)
DEPARTEMEN RADIOLOGI FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**



Judul Tesis

**HUBUNGAN ANTARA RUPTUR ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT
(ACL) TERHADAP DERAJAT BONE BRUISE DAN KONDISI
MENISCAL PADA PASIEN CEDERA LUTUT AKUT DENGAN
PENCITRAAN MRI LUTUT**

KARYA AKHIR

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
Dokter Spesialis -1

Program Studi Ilmu Radiologi

Disusun dan Dianjurkan Oleh

**M. ARFANDI AR
C125191002**

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS (SP 1)
DEPARTEMEN RADIOLOGI FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024



LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

HUBUNGAN ANTARA RUPTUR ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT (ACL) TERHADAP *DERAJAT BONE BRUISE* DAN KONDISI *MENISCAL* PADA PASIEEN CEDERA LUTUT AKUT DENGAN PENCITRAAN MRI *LUTUT*

Disusun dan diajukan oleh :

M. ARFANDI, AR

Nomor Pokok : C125191002

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 30 April 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


dr. Dario A. Nelwan, Sp.Rad (K)
NIP. 19721215 200812 1 003


dr. Besse Arfiana Arif, M.Kes., Sp.Rad (K)
NIP. 19820321200812 2 001

Ketua Program Studi

Dekan Fakultas


dr. Rafikah Rauf, M.Kes., Sp.Rad (K)
25 200812 2 001


Prof. Dr.dr.Haerani Rasyid, M.Kes, Sp.PD-KGH, Sp.GK
NIP. 19680530 199603 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN
PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Arfandi. AR
NIM : C125191002
Program Studi : Ilmu Radiologi
Jenjang : Sp.1/PPDS-1

Menyatakan dengan ini bahwa tesis dengan judul " HUBUNGAN ANTARA RUPTUR ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT (ACL) TERHADAP DERAJAT BONE BRUISE DAN KONDISI MENISCAL PADA PASIEN CEDERA LUTUT AKUT DENGAN PENCITRAAN MRI LUTUT " adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila di kemudian hari, karya saya terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, Juli 2024

Yang menyatakan


dr. M. Arfandi. AR



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan karya ilmiah ini yang berjudul “HUBUNGAN ANTARA RUPTUR ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT (ACL) TERHADAP DERAJAT BONE BRUISE DAN KONDISI MENISCAL PADA PASIEN CEDERA LUTUT AKUT DENGAN PENCITRAAN MRI LUTUT”. Karya akhir ini disusun sebagai tugas akhir dalam Program Studi Dokter Spesialis- 1 (Sp-1) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

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

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

- 1 dr. Dario A.Nelwan, Sp.Rad (K) selaku Ketua Komisi Penasehat
- 2 dr. Besse Arfiana Arif, M. Kes., Sp.Rad (K) selaku Sekretaris Komisi Penasehat
- 3 dr. Andriany Qanitha, M.Sc, Ph.D selaku anggota Komisi Penasehat
- 4 Dr.dr. Muhammad Sakti Sp.OT(K) selaku Anggota Komisi Penasehat
- 5 Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas 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 Departemen 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



- 2 Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu di Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makassar.
- 3 dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K), M.Med.Ed selaku Kepala Bagian Departemen Radiologi Universitas Hasanuddin, dr. Rafikah Rauf, M.Kes, Sp.Rad (K) selaku Ketua Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin, dr. Nur Amelia Bachtiar, MPH, Sp.Rad selaku Sekretaris Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin, dr. Alia Amalia, Sp.Rad selaku Kepala Instalasi Radiologi RSPTN Universitas Hasanuddin, dr. Eny Sanre, M.Kes, Sp.Rad (K) selaku Kepala Instalasi Radiologi RSUP Dr.Wahidin Sudirohusodo, Prof. Dr. dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad (K), Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad (K), dr. Nurlaily Idris, Sp.Rad (K), dr. Luthfy Attamimi, Sp.Rad, dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K), dr. Rosdiana, M.Kes, Sp.Rad (K), dr.Sri Muliati, Sp.Rad, Dr. dr. Shofiyah Latief, Sp.Rad (K), dr. Erlin Sjahril, Sp.Rad (K), dr. Suciati Damopoli, M.Kes, Sp.Rad (K), dr. St. Nasrah Aziz, Sp.Rad, dr. Isdiana Kaelan, Sp.Rad, dr. Besse Arfiana, Sp.Rad (K), dr. M. Abduh, Sp.Rad, dr. Taufiqulhidayat, Sp.Rad, dr. Zatriani, M.Kes, Sp.Rad serta seluruh pembimbing dan dosen luar biasa dalam lingkup Bagian Radiologi FK UNHAS atas arahan dan bimbingan selama saya menjalani pendidikan. Direksi beserta seluruh staf RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas kesempatan yang diberikan kepada kami dalam 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 dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas bantuan dan kerjasamanya.
- 5 Terima kasih sebesar-besarnya kepada ayah saya, Arsyad SH, MSI, kepada anak saya, Muhammad Arkananta Dzikra AR, Mazaya Maheswari Arfa, serta Adik-adik saya, Dwi Kartika SKM, Meri Lystiana SH, atas segala cinta, pengorbanan, pengertian, dorongan semangat serta doa tulus yang selama ini telah mengiringi perjalanan saya dalam menempuh Pendidikan. Aman PPDS terbaik angkatan Januari 2019 terutama dr. Bili Sp.Rad dan dr. Muhammad Irfan serta seluruh teman PPDS Radiologi lainnya dr. Albert Alfonso Sp.Rad (K) serta Warits Deen Muhammad wahyu yang telah



banyak memberikan bantuan motivasi dan dukungan kepada saya selama masa pendidikan dan penyelesaian karya akhir ini.

- 7 Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan dukungan, bantuan dan doanya. Saya ucapkan banyak terima kasih.

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 Allah SWT senantiasa melimpahkan Rahmat dan karunia-Nya serta membalas budi baik kepada semua pihak yang telah memberikan dukungannya.

Makassar, Juli 2024

dr. M. Arfandi. AR



ABSTRAK

M. ARFANDI A.R. *Hubungan antara Ruptur Anterior Cruciate Ligament (ACL) terhadap Derajat Bone Bruise dan Kondisi Meniscal pada Pasien Cedera Lutut Akut dengan Pencitraan MRI Lutut* (dibimbing oleh Dario Agustinus Nelwan, Besse Arfiana Arif, Adriany Qanitha, Muhammad Sakti, dan Muhammad Ilyas).

Ruptur Ligamen Cruciate Anterior (ACL) adalah cedera lutut yang umum terjadi, terutama disebabkan oleh gerakan rumit yang dilakukan saat berolahraga atau akibat trauma pada daerah lutut. Dalam kebanyakan kasus, ruptur ACL biasanya diikuti oleh memar tulang dan robekan meniskus. Pencitraan MRI merupakan salah satu modalitas yang memiliki sensitivitas dan spesivitas tinggi untuk mendiagnosis kondisi ACL. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara ruptur ACL dan derajat memar tulang dan kondisi meniscal pada pasien cedera lutut akut dengan pencitraan MRI lutut. Penelitian ini merupakan penelitian *cross-sectional* di RSUP dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar. Sampel penelitian menggunakan data rekam medis pasien ruptur ACL yang melakukan pemeriksaan MRI lutut. Tingkat keparahan memar tulang, tingkat robekan meniscus, dan derajat ruptur ACL akan dievaluasi berdasarkan data pencitraan. Data dianalisis menggunakan uji *Chi-square*. Hasilnya, ditemukan subjek yang memenuhi kriteria penelitian berjumlah 50 orang dengan rincian 34 subjek cedera olahraga dan 16 subjek cedera nonolahraga. Pada penelitian ini, uji *Chi-square* menunjukkan tingginya prevalensi robekan meniskus horizontal pada ruptur ACL derajat tiga namun tidak terdapat korelasi yang signifikan secara statistik. Penelitian ini juga menunjukkan tidak terdapat korelasi yang signifikan antara ruptur ACL dan tingkat keparahan memar tulang ($p > 0,05$) Kesimpulan penelitian ini menemukan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara ruptur ACL dan derajat memar tulang dan kondisi meniskus.

Kata kunci: ruptur ACL, memar tulang, kondisi meniscal, cedera lutut



ABSTRACT

M. ARFANDI, AR. *The Relationship between Anterior Cruciate Ligament (ACL) Rupture on the Degree of Bone Bruise and Meniscal Condition in Acute Knee Injury Patients Using Knee MRI Imaging* (supervised by Dario Agustinus Nelwan, Besse Arfiana Arif, Adriany Qanitha, Muhammad Sakti, and Muhammad Ilyas).

Anterior Cruciate Ligament (ACL) rupture is a common knee injury, mainly caused by complex movements performed during sports or due to trauma to the knee area. In most cases, ACL rupture is usually followed by bone bruising and meniscus tears. MRI imaging is a modality that has high sensitivity and specificity for diagnosing ACL conditions. This research was conducted using MRI imaging of the knee to determine the relationship between ACL rupture and the degree of bone bruising and meniscal condition in patients with acute knee injuries. This research is a cross-sectional study at Dr. Wahidin Sudirohusodo Hospital, Makassar. The sample uses medical record data from ACL rupture patients who underwent knee MRI examinations. The severity of the bone bruise, the extent of the meniscus tear, and the degree of ACL rupture will be evaluated based on the imaging data. Data were analyzed using the Chi-square test. The results of the subjects who met the research criteria were fifty people. Thirty-four subjects had sports injuries, and sixteen subjects had non-sports injuries. In this study, the Chi-square test showed a high prevalence of horizontal meniscus tears in grade 3 ACL ruptures, but no statistically significant correlation existed. This study also showed no significant correlation between ACL rupture and the severity of bone bruising ($p > 0,05$). The conclusion of this study found that there was no significant relationship between ACL rupture and the degree of bone bruising and meniscus condition.

Keywords: ACL Rupture, Bone Bruise, Meniscal Condition, Knee Injury



DAFTAR ISI

Sampul Tesis.....	i
Judul Tesis	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.2 TUJUAN PENELITIAN	4
1.3.1 TUJUAN UMUM.....	4
1.3.2 TUJUAN KHUSUS.....	4
1.2 MANFAAT PENELITIAN	4
1.4.1 Manfaat teoritis.....	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Anterior Cruciate Ligament (ACL).....	6
2.1.1 Anatomi ACL	6
2.1.2 Fungsi ACL.....	9
2.2 Ruptur Anterior cruciate ligament (ACL).....	11
2.2.1 Definisi.....	11
2.2.2 Epidemiologi.....	11
2.2.3 Faktor Resiko dan Etiologi	12
2.2.4 Patomekanisme	12
2.2.5 Drajat Ruptur ACL.....	13



2.2.6	Manifestasi Klinis	15
2.2.7	Pencitraan Pada Ruptur ACL	16
2.3	Meniscal Tear atau Robekan Meniscus.....	19
2.3.1	Anatomi Meniskus.....	19
2.3.2	Definisi.....	21
2.3.3	Epidemiologi.....	21
2.3.4	Biomekanik dan Patologi Meniskus.....	21
2.3.5	Klasifikasi	23
2.3.6	Diagnostik.....	23
2.2	Bone Bruise	26
2.4.1	Definisi.....	26
2.4.2	Epidemiologi.....	26
2.4.3	Etiopatogenesis.....	26
2.4.4	Manifestasi Klinis	27
2.4.5	Pemeriksaan Radiologi	28
BAB III	.....	31
KERANGKA DAN HIPOTESIS PENELITIAN.....		31
2.1	Kerangka teori	31
3.2	Kerangka Konsep	32
2.2	Hipotesis Penelitian.....	32
BAB IV	.....	33
METODE PENELITIAN.....		33
4.1	Desain Penelitian.....	33
2.3	Tempat dan Waktu Penelitian	33
2.3	Populasi Penelitian	33
2.3	Sampel dan Cara Pengambilan Sampel.....	33
4.4.1	Perkiraan besar sampel	33
2.3	Kriteria Inklusi dan eksklusi	34
2.3	Ijin Penelitian dan Ethical Clearance.....	34
2.3	Identifikasi dan Klasifikasi Variabel.....	35
2.3	Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	35
	Cara Kerja.....	36
	Alat dan Bahan.....	36
	Prosedur Penelitian.....	36



4.10	Pengelolaan dan Analisa Data.....	37
4.10.1	Pengolahan Data	37
4.10.2	Analisis Data	37
4.11	Alur Penelitian	38
BAB V	.....	39
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	39
2.1	Jumlah Sampel.....	39
3.2	Karakteristik Sampel Penelitian	39
2.2	PEMBAHASAN.....	46
BAB VI	.....	56
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	56
2.1	Kesimpulan	56
3.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	.....	58
LAMPIRAN 1	.....	62
LAMPIRAN 2	.....	63
LAMPIRAN 3	.....	67



DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
Tabel 1. Karakteristik dasar pasien dengan cedera lutut akut.....	39
Tabel 2. Profil klinis ruptur ACL, <i>Bone bruise</i> , dan Kondisi Meniscus	40
Gambar 2.	40
Tabel 3. Faktor hubungan karakteristik penelitian dengan derajat ruptur ACL.....	42
Tabel 4. Faktor hubungan karakteristik penelitian dengan derajat <i>bone bruises</i>	43
Tabel 5. Faktor hubungan karakteristik penelitian dengan kondisi meniscal.....	44
Tabel 6. Hubungan antara ruptur ACL dan derajat <i>bone bruise</i> pada pasien cedera lutut akut.....	45
Tabel 7. Hubungan antara Derajat ruptur ACL dan kondisi meniscal terhadap pasien cedera lutut akut.....	46



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1. Ligamen Lutut: Cruciatum Posterior, Meniskus Medial, kolateral Tibial, Cruciatum Anterior, Meniskus Lateral, dan kolateral Fibular. ¹³	7
Gambar 2. Ligamen Dalaman Sendi Lutut Kiri, Ligamen Cruciatum Anterior, Tendon Popliteus, Meniskus Lateral, Ligamen kolateral Fibular, Ligamen Wrisberg, Meniskus Medial, Ligamen kolateral Tibial, Ligamen Cruciate Posterior, Femur, Tibia, Fibula. ¹³	7
Gambar 3. Kepala Tibia Kanan	8
Gambar 4. Tiga zona histologis ACL.....	9
Gambar 5. Otot semitendinosus dan gracilis beserta sisipannya.	11
Gambar 5. Cedera tingkat 0 versus tingkat 1 pada ligamen anterior cruciatum (ACL).	14
Gambar 7. Cedera tingkat 1 versus tingkat 2 pada ligamen anterior cruciatum (ACL)	14
Gambar 8. Cedera tingkat 2 versus tingkat 3 pada ligamen anterior cruciatum (ACL)	15
Gambar 9. Fraktur avulsi tulang belakang tibialis.	18
Gambar 10. Fraktur kedua. Seorang pria berusia 30 tahun mengalami cedera lutut saat pertandingan bola basket.	18
Gambar 11. Ligamentum cruciatum anterior normal.	19
Gambar 12. Contoh ruptur ACL.....	19
Gambar 13. Anatomi meniscus.	21
Gambar 14. Proses visualisasi dataset Meniscus dengan MRI. ²	25
Gambar 15. Hasil diagnosis masker pada gambar MRI meniscus.	25
Gambar 16. Klasifikasi <i>bone bruise</i> pada pencitraan MRI menurut Costa-Paz dkk.....	29
Gambar 17. Area yang ditandai (garis merah) dari <i>bone bruise</i> pada (A) sagital dan (B) coronal T2-weighted MRI.....	30
Gambar 1. Karakteristik dasar pasien dengan cedera lutut akut	39
Gambar 2. Profil klinis ruptur ACL, <i>Bone bruise</i> , dan Kondisi Meniscus.....	40



DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

IMT	: Indeks Massa Tubuh
dkk	: Dan Kawan Kawan
WHO	: <i>World Health Organization</i>
MRI	: <i>Magnetic Resonance Imaging</i>
ODI	: Oswestry Disability Index
MC	: Modic Change
T1WI	: T1 Weighted
T2WI	: T2 Weighted
LBP	: Low Back Pain
LL	: Lumbal Lordosis
SS	: Sacral Slope
PT	: Pelvic Tilt
PI	: Pelvic Incident
T12	: Thoracal 12
L1	: Lumbal 1
L2	: Lumbal 2
L3	: Lumbal 3
L4	: Lumbal 4
L5	: Lumbal 5
CRP	: C-Reactive Protein



DAFTAR LAMPIRAN

<u>LAMPIRAN 1</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>LAMPIRAN 2</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>LAMPIRAN 3</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>LAMPIRAN 4 data pasien (PRINT SENDIRI)</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>LAMPIRAN 5 CV(PRINT SENDIRI)</u>	Error! Bookmark not defined.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lutut mudah sekali terserang cedera traumatik. Persendian ini kurang mampu melawan kekuatan medial, lateral, tekanan, dan rotasi, karena lemahnya otot, dan mudah mendapat luka memar. Mekanisme datangnya cedera sendi lutut yang berakibat serabut ligamen utama dari lutut bisa menjadi putus bergantung pada aplikasi dan kekuatan, pukulan, tekanan, gerakan yang melebihi batas keregangan. Cedera ini dapat terjadi karena suatu gaya pada garis lurus (straight line) langsung atau melalui bidang tunggal (single plane), atau karena suatu gaya berputar mendadak. Cedera lutut dapat bersifat akut yang didefinisikan sebagai cedera lutut kurang dari 6 minggu pasca cedera, dan kronis didefinisikan sebagai cedera lutut lebih dari 6 minggu pasca cedera.^{1,2} Dengan jumlah kasus yang banyak dan melihat korelasi klinis dengan gambaran radiologi, peneliti memandang perlu untuk mengetahui ruptur *anterior cruciate ligament*, *bone bruise* dan kondisi meniscus.

Anterior cruciate ligament (ACL) dianggap sebagai penahan pasif utama untuk translasi anterior tibia pada tulang paha, dan memberikan stabilitas rotasi pada lutut pada bidang frontal dan transversal. Ruptur ACL merupakan cedera lutut yang cukup sering timbul terutama akibat gerakan yang kompleks seperti pada aktivitas olahraga, maupun sebagai efek dari trauma pada area lutut.³

Insiden ruptur ACL telah meningkat selama dekade terakhir. Insiden ruptur ACL tahunan yang disesuaikan dengan usia dan jenis kelamin secara keseluruhan adalah 74,6 per 100.000 orang-tahun. Di Indonesia, jumlah rekonstruksi ACL meningkat sebesar 42% pada tahun 2019 dibandingkan tahun 2018.⁴ Atlet wanita secara keseluruhan memiliki tingkat cedera per paparan yang lebih tinggi dibandingkan atlet pria dan dalam olahraga serupa, seperti sepak bola dan bola basket, angka tersebut jauh lebih tinggi.⁵

Ada tiga mekanisme utama cedera ACL: kontak langsung, kontak tidak langsung, dan nonkontak. Cedera kontak langsung terjadi ketika seseorang atau orang lain mengenai lutut secara langsung. Cedera kontak tidak langsung terjadi ketika seseorang atau benda membentur bagian tubuh selain lutut itu sendiri, dan gaya berlebihan ditransfer melalui lutut (seperti pukulan langsung



ke paha, menggerakkan tulang paha ke belakang ke tibia), mengakibatkan kegagalan pada ACL. Cedera nonkontak terjadi ketika gaya perlambatan atau perubahan arah (poros) diterapkan pada lutut, tetapi sering kali mencakup pelepasan neuromuskular pada struktur di sekitar lutut pada waktu yang tidak tepat, menyebabkan translasi tibia ke tulang paha, yang mengakibatkan kegagalan pada ACL. Mekanisme nonkontak menyebabkan 60% –70% cedera ACL.⁶

Deteksi dini dari kasus ruptur ACL menjadi penting untuk dapat mengarahkan ke tatalaksana definitif selanjutnya. Pemeriksaan fisik sering kali sudah cukup untuk membuat diagnosis, meskipun pengujian mungkin diperlukan untuk menyingkirkan penyebab lain dan mengevaluasi tingkat keparahan cedera. Untuk menyingkirkan kemungkinan patah tulang, pemeriksaan foto rontgen mungkin diperlukan. Sebaliknya, pemeriksaan foto rontgen tidak memperlihatkan jaringan lunak seperti ligamen dan tendon, sedangkan MRI menunjukkan tingkat cedera ACL serta bukti kerusakan pada jaringan lain di lutut, seperti tulang rawan. Pemeriksaan diagnostik yang ditujukan untuk skiring diharapkan memiliki sensitivitas yang tinggi, serta memiliki nilai prediksi positif yang baik pula, seperti yang diharapkan dari pemeriksaan kedua Lachman ini dibandingkan dengan MRI sebagai standar baku.⁷

MRI merupakan modalitas utama untuk mendiagnosis patologi ACL dengan sensitivitas 86% dan spesifisitas 95%. Diagnosis juga dapat dibuat dengan artroskopi lutut untuk membedakan robekan total dan robekan sebagian dan robekan kronis. Artrografi dianggap sebagai standar emas karena sensitivitasnya 92% hingga 100% dan spesifik 95% hingga 100%; namun, tindakan ini jarang digunakan sebagai langkah awal diagnosis karena bersifat invasif dan memerlukan anestesi. Pada pemeriksaan MRI, ruptur ACL mempunyai tanda primer dan sekunder. Tanda-tanda primer akan menunjukkan perubahan yang berhubungan langsung dengan cedera ligamen, sedangkan tanda sekunder adalah perubahan yang berkaitan erat dengan cedera ACL. Tanda-tanda utama termasuk edema, peningkatan sinyal ligamen anterior pada gambar T2 weighted yakni diskontinuitas serat, dan perubahan jalur ACL.

biasanya terjadi di bagian tengah ligamen, dan perubahan sinyal paling terlihat di sini dan tampak sangat intens. Tanda-tanda sekunder termasuk umsum tulang (sekunder akibat *bone bruise*), fraktur kedua, terkait



dengan cedera ligamen kolateral medial, atau translasi tibialis anterior lebih dari 7 mm pada tibia relatif terhadap tulang femur.⁸

Karakteristik *bone bruise* terjadi pada sekitar 80% pasien yang mengalami cedera ACL. *Bone bruise* biasanya terjadi ketika insufisiensi ligamen memungkinkan plateau tibialis posterolateral berbatasan dengan kondilus femoralis lateral saat mekanisme cedera terjadi.⁹ *Bone bruise* traumatis merupakan akibat dari cedera langsung yang mengganggu trabekula tulang subkortikal yang diikuti dengan akumulasi cairan interstisial dan perdarahan di ruang ekstraseluler. *Bone bruise* didiagnosis menggunakan MRI dan diidentifikasi melalui sinyal hipointens subkortikal pada gambar berbobot T1 atau sinyal hiperintens pada gambar berbobot T2, yang mencerminkan peningkatan kandungan air secara lokal. *Bone bruise* pada cedera ACL berhubungan dengan dampak fisik pada tulang; Oleh karena itu, pola *bone bruise* dapat digunakan untuk memastikan kinematika cedera sendi.¹⁰

Meniskus lateral dan medial merupakan struktur fibrokartilaginosa berbentuk bulan sabit yang secara kolektif menutupi sekitar 70% permukaan artikular plateau tibialis dan terutama berfungsi dalam transmisi beban dan penyerapan guncangan melalui sendi tibiofemoral. Mereka berbentuk baji dengan bagian yang lebih tebal di pinggir sendi, sehingga memperdalam area permukaan artikular plateau tibialis, sehingga meningkatkan kesesuaian sendi dan bertindak sebagai mekanisme stabilisasi sekunder di dalam sendi. *Meniscal tears* terjadi karena gaya rotasi atau geser yang ditempatkan pada sendi tibiofemoral, terutama ketika beban aksial meningkat pada meniskus. Dampak traumatis pada lutut juga dapat menyebabkan *meniscal tears* yang terjadi bersamaan dengan lesi tulang atau kerusakan pada ligamen penstabil utama lutut seperti ACL.¹¹ Sensitivitas MRI dalam mendeteksi *meniscal tears* pada lutut yang mengalami ACL relatif rendah yakni sekitar 65,1%. Selain itu, sangat sedikit penelitian yang mengevaluasi keakuratan MRI dalam mendeteksi *meniscal tears* berdasarkan jenis dan lokasinya pada pasien dengan cedera ACL.¹²



DIRUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka dapat dirumuskan suatu yaitu "Bagaimana hubungan antara ruptur anterior cruciate ligament (acl)

terhadap *derajat bone bruise* dan kondisi *meniscal* pada pasien cedera lutut akut dengan pencitraan MRI *lutut*” ?

1.2 TUJUAN PENELITIAN

1.3.1 TUJUAN UMUM

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi hubungan antara ruptur anterior cruciate ligament (ACL) terhadap *derajat bone bruise* dan kondisi *meniscal* pada pasien cedera lutut akut dengan pencitraan MRI *lutut*

1.3.2 TUJUAN KHUSUS

- 1 Mengetahui karakteristik dasar pasien dengan cedera lutut akut dengan pencitraan MRI lutut
- 2 Mengetahui profil klinis derajat ruptur, *bone bruise* dan kondisi meniscus pada pasien cedera lutut akut dengan pencitraan MRI lutut
- 3 Mengetahui faktor yang berhubungan dengan ruptur ACL, *bone bruise* dan kondisi meniscus pada pasien cedera lutut akut dengan pencitraan MRI lutut
- 4 Menganalisis hubungan antara ruptur ACL terhadap derajat *bone bruise* pada pasien cedera lutut akut dengan pencitraan MRI *lutut*
- 5 Menganalisis hubungan antara ruptur ACL terhadap kondisi *meniscal* pada pasien cedera lutut akut dengan pencitraan MRI *lutut*
- 6 Mengetahui korelasi antara ruptur ACL dan *bone bruise* pada pasien cedera lutut akut dengan pencitraan MRI lutut

1.4 MANFAAT PENELITIAN

1.4.1 Manfaat teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tambahan informasi kepada praktisi radiologi dan ahli orthopedi konsultan olahraga mengenai faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perkembangan ruptur ACL pada pasien dengan cedera lutut akut dengan menggunakan pencitraan MRI *lutut*. anfaat Metodologis

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangsih data ilmiah sebagai sarana referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya mengenai korelasi endplate tipe modic terhadap skoring oswestry disability index (od score) dan perubahan sudut lumbopelvic parameter pada pasien spondylosis lumbalis



2. Penelitian ini diharapkan dapat menginspirasi diadakannya penelitian lebih lanjut mengenai korelasi endplate tipe modic terhadap skoring oswestry disability index (odi score) dan perubahan sudut lumbopelvic parameter pada pasien spondylosis lumbalis.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Anterior Cruciate Ligament (ACL)

2.1.1 Anatomi ACL

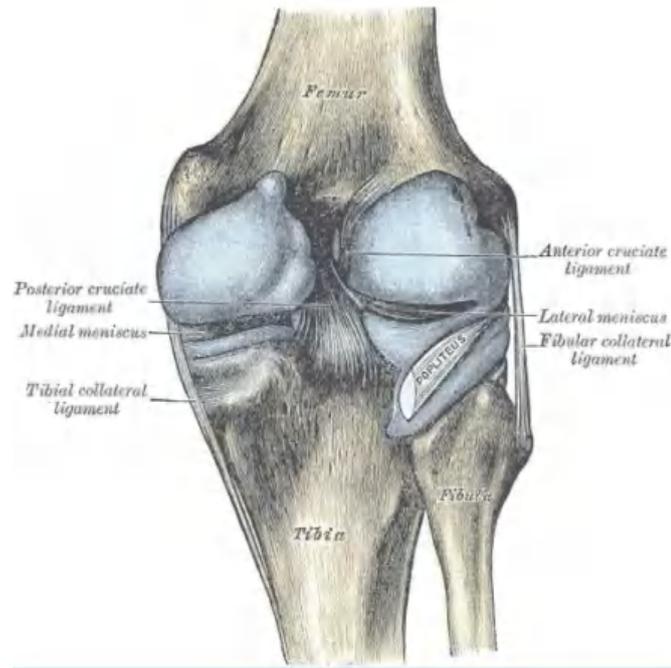
Ligamentum cruciatum anterior (ACL) adalah salah satu dari dua ligamen cruciatum yang menstabilkan sendi lutut dengan mencegah gerakan tibia ke depan yang berlebihan atau membatasi gerakan rotasi lutut. Sendi lutut dapat diidentifikasi mulai usia enam minggu, dan pembentukan ACL sebagai kondensasi mesenkim pada blastoma janin dapat diamati antara usia kehamilan 6 hingga 7 minggu. ACL muncul sebagai struktur yang berorientasi baik pada usia kehamilan sembilan minggu. ACL awalnya dimulai sebagai ligamen ventral tetapi bermigrasi ke posterior pada sendi lutut seiring dengan berkembangnya ruang interkondilus. PCL tidak beranjak dari posisi awalnya. Kedua ligamen cruciatum bersifat intrakapsular tetapi ekstra-sinovial.¹³

ACL adalah pita jaringan ikat khusus yang terletak di sendi lutut yang menghubungkan tulang paha dan tibia. Mereka sebagian besar terdiri dari serat kolagen, yang menyumbang 70% dari berat keringnya. Sebagian besar kolagen tipe I (90%) dan sejumlah kecil kolagen Tipe III (10%). Fibroblas membentuk komponen seluler yang tertanam dalam matriks elastin (<5%) dan proteoglikan. Di sisi femoralis, ACL menempel pada aspek posterior permukaan medial kondilus femoralis lateral, berbentuk setengah lingkaran, berukuran 20 mm kali 10 mm. Dari perlekatan femoralis, ACL turun dan menempel pada lokasi anterior dan lateral tuberkulum interkondilar medial. Ligamen ini adalah yang paling sempit di dekat perlekatan femoralis dan menyebar serta melebar saat berlanjut ke perlekatan tibialis, kira-kira 15 mm di depan *posterior cruciate ligament* (PCL), tapak yang lebih luas dan berbentuk oval berukuran 10 mm kali 30 mm.¹³

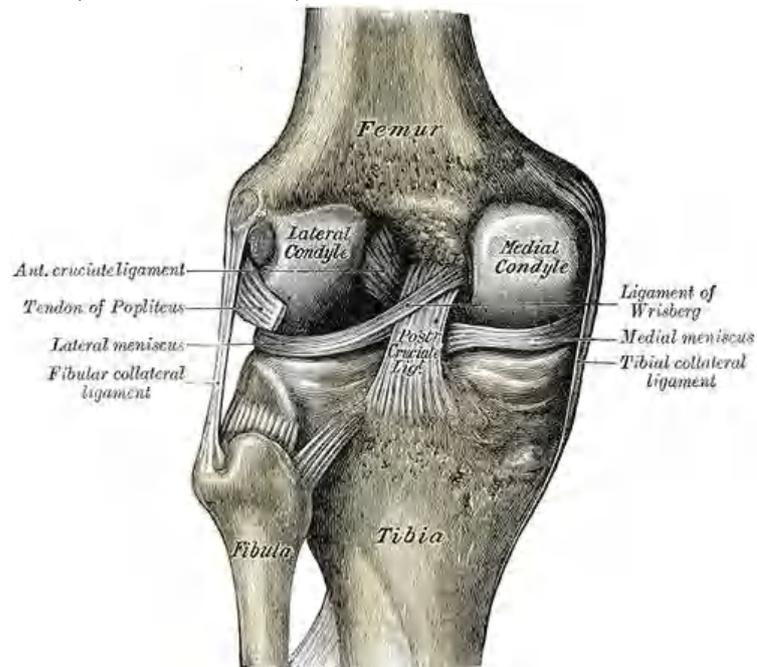
ACL terdiri dari dua bundel: anteromedial dan posterolateral. Fasikula anteromedial muncul dari tempat paling posterior dan proksimal perlekatan femoralis dan menempel pada bagian anteromedial perlekatan tibialis. Fasikula posterolateral muncul dari bagian distal perlekatan femoralis dan menempel pada posterolateral perlekatan tibialis. ACL sebagian besar terdiri dari lateral. Dengan gerakan lutut, panjang dan orientasi berkas anteromedial posterolateral berubah. Dengan fleksi lutut, anteromedial memanjang dan pendek sedangkan posterolateral memendek dan kendur. Dengan ekstensi



lutut, posterolateral memanjang dan mengencang sementara anteromedial tetap kencang tetapi kurang kencang dibandingkan posterolateral. Panjang rata-rata ACL adalah 33 mm, dan rata-rata lebar bahan tengah adalah 11 mm.¹³

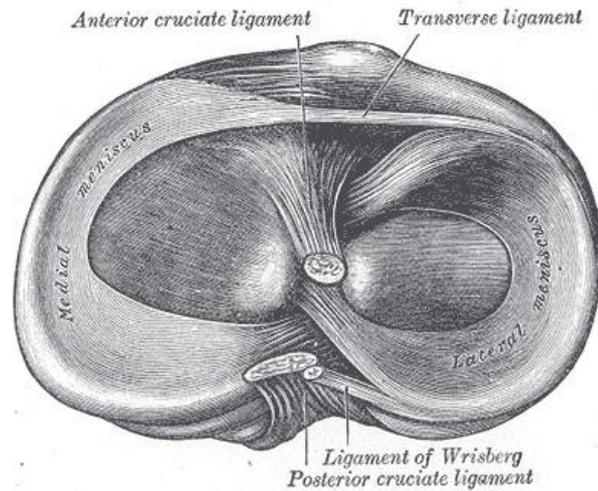


Gambar 1. Ligamen Lutut: Cruciatum Posterior, Meniskus Medial, kolateral Tibial, Cruciatum Anterior, Meniskus Lateral, dan kolateral Fibular.¹³



2. Ligamen Dalam Sendi Lutut Kiri, Ligamen Cruciatum Anterior, Tendon Meniskus Lateral, Ligamen kolateral Fibular, Ligamen Wrisberg, Meniskus gamen kolateral Tibial, Ligamen Cruciate Posterior, Femur, Tibia, Fibula.¹³





Gambar 3. Kepala Tibia Kanan; Menampilkan meniskus dan perlekatan Ligamen, Ligamen Cruciatum Anterior, Ligamen Transversal, Ligamen Wrisberg, Ligamen Cruciate Posterior, Meniskus Medial, Meniskus Lateral.¹³

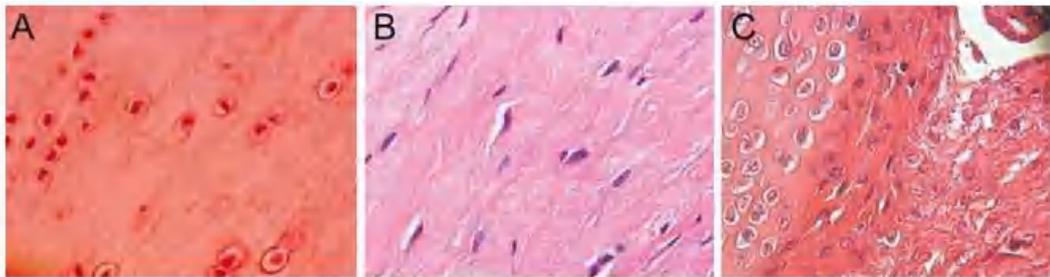
Secara mikroskopis, ACL dibedakan menjadi tiga zona :

- 1 Bagian proksimal, yang kurang padat, sangat seluler, kaya akan sel bulat dan ovoid, mengandung beberapa fibroblast fusiform, kolagen tipe II dan glikoprotein seperti fibronektin dan laminin.¹⁴
- 2 Bagian tengah, mengandung fibroblast fusiform dan gelendong, dengan kepadatan tinggi serat kolagen, khusus zona tulang rawan dan fibrokartilago (terutama di bagian anterior di mana ligamen menghadap tepi anterior intercondylar takik), dan elastis, dan serat oxytalan. Oxytalan serat menahan tekanan multi arah sederhana, sementara serat elastis menyerap tekanan maksimal berulang. Fibroblast fusiform dan berbentuk gelendong adalah menonjol di bagian tengah ini, yang juga bernama zona fusiform, dan terletak di bagian tengah dan seperempat proksimal ligamen. Zona sel fusiform ditandai dengan jumlah yang tinggi sel berorientasi longitudinal dengan berbentuk fusiform inti, pembuluh darah memanjang, dan crimp tinggi panjang. Fibroblas ini menunjukkan ciri-ciri yang dekat dengan ligamen kolateral medial/medial collateral ligament (MCL) dan dermal fibroblas. Sitoplasma sel dalam hal ini zona tampaknya melekat erat pada kolagen ekstraseluler dan mengikuti bentuk gelombang kerutan serat. Berdasarkan beberapa penelitian, tampak bahwa substansi tengah ACL menunjukkan kepadatan kolagen tinggi, selularitas rendah, dan memanjang fibroblas berbentuk gelendong. Studi menjelaskan bahwa ACL memiliki karakteristik histologis yang berbeda dari MCL atau



tendon, dan lebih mirip tulang rawan di alam. Sebagai contoh, zona fibrokartilago adalah terlihat di sepertiga distal dari ligamen yang berdekatan ke atap incisura intercondylar.¹⁴

- 3 Bagian distal, yang paling padat, kaya akan kondroblas dan fibroblas ovoid dan dengan kepadatan bundel kolagen yang rendah. Fibroblas, terletak di kedua sisi kolagen bundel berbentuk bulat hingga bulat telur, berdiameter 5–8 μm dan Panjangnya 12–15 μm , dan menyerupai sel tulang rawan artikular. Mereka memiliki organel seluler yang melimpah menunjukkan tingkat aktivitas seluler yang tinggi. Mereka juga memiliki banyak proses seluler kecil (mikrovili), yang memproyeksikan ke area amorf di sekitarnya substansi dasar dengan serat retikuler, tetapi tidak ke dalam fibril kolagen paralel kompak.¹⁴



Gambar 4. Tiga zona histologis ACL. Bagian proksimal yang sangat seluler dengan sel bulat (a), bagian tengah dengan fibroblas berbentuk fusiform dan gelendong serta bundel kolagen dengan kepadatan tinggi (b), dan bagian distal dengan fibroblas bulat telur dan kepadatan kolagen yang rendah (c)

2.1.2 Fungsi ACL

ACL merupakan elemen penting dalam menstabilkan sendi lutut. Ini terutama menstabilkan translasi tibialis anterior dan memainkan peran kecil dalam menahan rotasi internal dan mencegah gerakan berlebihan. ACL berfungsi sebagai pembatas utama translasi tibialis anterior terhadap tulang paha. Saat lutut diluruskan, translasi tibialis anterior rendah (maksimum 2 mm) dan menopang lutut saat berdiri. Dengan fleksi lutut, translasi tibialis anterior dapat meningkat hingga 3 mm saat berjalan dan hingga sekitar 6 mm saat beban anterior. Pasien dengan lutut yang masalah ACL kronis (terkilir tingkat 3) mengalami pergerakan tibialis anterior relatif terhadap tulang paha sekitar empat kali lebih besar dibandingkan pasien dengan lutut yang sehat. Sebuah studi oleh Zantop dkk. menunjukkan ACL yang rusak meningkatkan translasi tibialis anterior hingga 10 hingga 15 mm pada fleksi 30 derajat di bawah beban anterior 134 N. Pada lutut kadaver dengan kekuatan otot aktif, peneliti mengamati bahwa peningkatan tertinggi pada



translasi tibialis anterior adalah antara 15 hingga 40 derajat fleksi lutut. Kelompok otot ischio-crural, yang meliputi bicip femoris, semitendinosus, dan semimembranosus, menginduksi fleksi lutut dengan menghubungkan tuberositas iskia dengan pes anserinus tibia dan kepala fibular. Pada fleksi lutut 90 derajat, kekuatan kelompok otot secara aktif stabil terhadap translasi tibialis anterior. Pada lutut kadaver, posterolateral berperan penting dalam menstabilkan translasi tibialis anterior pada sudut mendekati ekstensi, sedangkan anteromedial lebih berperan dalam menstabilkan sudut fleksi yang lebih tinggi.¹³

ACL juga berfungsi sebagai penahan sekunder terhadap rotasi internal, terutama ketika sambungan hampir mencapai ekstensi penuh. Dalam studi yang dilakukan oleh Fleming dkk., torsi internal tibia antara 0-10 Nm menghasilkan strain ACL in vivo. Sebuah studi oleh Beynnon dkk. menunjukkan bahwa torsi internal antara 2 hingga 6 Nm mengakibatkan ketegangan anteromedial ketika lutut difleksikan pada 90 derajat in vivo. ACL juga dapat berfungsi sebagai penahan sekunder terhadap rotasi eksternal dan angulasi varus-valgus.¹³

Sebuah studi biomekanik dari ACL kadaver menunjukkan beban maksimum pada kegagalan, kekakuan, dan modulus elastisitas lebih rendah pada ACL dari mayat perempuan dibandingkan dengan mayat laki-laki. Hal ini menunjukkan bahwa mungkin terdapat variasi komposisi ACL antara pria dan wanita. Wanita lebih mungkin mengalami pecahnya ACL mereka, antara 2 hingga 7 kali lipat lebih tinggi dibandingkan pria pada usia yang sama. Tampaknya bersifat multifaktorial. Penelitian telah menunjukkan bahwa wanita memiliki risiko lebih tinggi mengalami cedera pada paruh pertama siklus menstruasi selama fase pra-ovulasi karena meningkatnya kelemahan ligamen. Intercondylar notch yang sempit dan kemiringan tibialis juga berperan penting dalam meningkatkan risiko pecahnya ACL.¹³





Gambar 5. Otot semitendinosus dan gracilis beserta sisipannya. Pada fleksi 90°, gaya otot paha belakang (FHAM) berlawanan dengan gaya translasi tibialis anterior (FATT).¹⁵

2.2 Ruptur Anterior cruciate ligament (ACL)

2.2.1 Definisi

Lutut merupakan sendi kompleks dengan titik kontak, tekanan, dan sumbu yang berubah-ubah yang terpengaruh ketika ligamen cedera. ACL sebagai salah satu ligamen intra-artikular mempunyai pengaruh yang kuat terhadap kinematika yang dihasilkan. Seringkali, cedera meniskus atau ligamen lainnya menyertai ruptur ACL dan semakin memperburuk hasil kinematika dan klinis yang diakibatkannya.¹⁵ Sedangkan ruptur ACL sendiri adalah robekan yang terjadi pada anterior cruciate ligament yang menghubungkan tulang femur dan tibia.¹⁶

2.2.2 Epidemiologi

ACL merupakan ligamen sentral lutut. Peran fungsional utama ACL adalah memberikan stabilitas terhadap translasi tibialis anterior dan rotasi internal. Insiden ruptur ACL telah meningkat selama dekade terakhir. Ruptur ACL akut merupakan trauma ortopedi yang umum, dengan perkiraan kejadian 78 per 100.000 orang dan usia rata-rata 32 tahun di Swedia dan perkiraan kejadian hingga 84 per 100.000 orang di Amerika Serikat.¹⁵ Insiden ruptur ACL tahunan yang disesuaikan dengan

jenis kelamin secara keseluruhan adalah 74,6 per 100.000 orang-tahun. Asia, jumlah rekonstruksi ACL meningkat sebesar 42% pada tahun 2019 dibandingkan tahun 2018.⁴



2.2.3 Faktor Resiko dan Etiologi

Risiko ruptur ACL ditentukan oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik. Faktor ekstrinsik meliputi intensitas aktivitas fisik dan jenis permainan. Faktor intrinsik meliputi perbedaan anatomi, jenis kelamin, kontrol neuromuskular, dan konstitusi hormonal. Misalnya, kejadian ruptur ACL 3-6 kali lebih tinggi pada wanita dibandingkan pria, yang sebagian dapat dijelaskan oleh takik intercondylar yang lebih kecil, konsentrasi estrogen yang lebih tinggi, dan pola pergerakan dengan momen adduktor pinggul yang meningkat. dan valgus lutut ditemukan pada wanita. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan kecenderungan riwayat pada keluarga untuk pecahnya ACL. Seorang individu yang mengalami ruptur ACL dua kali lebih mungkin memiliki kerabat yang mengalami ruptur ACL. Hewett dkk. menunjukkan bahwa anak kembar dengan ruptur ACL memiliki beberapa faktor risiko yang sama. Hal ini mungkin disebabkan oleh gaya hidup aktif, karena atlet cenderung lebih sering mengalami cedera ACL dibandingkan non-atlet. Namun, faktor genetik atau variasi intrinsik lainnya juga dapat mempengaruhi.¹⁷

Wanita mempunyai risiko lebih tinggi mengalami cedera ACL akibat banyak faktor. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa wanita mungkin memiliki paha belakang yang lebih lemah dan lebih memilih menggunakan kelompok otot paha depan saat melakukan perlambatan. Saat melatih otot paha depan sambil melambat, hal ini menyebabkan peningkatan tekanan yang tidak normal pada ACL, karena otot paha depan kurang efektif dalam mencegah translasi tibialis anterior dibandingkan otot hamstring. Faktor kedua yang dapat meningkatkan risiko cedera ACL adalah peningkatan angulasi valgus pada lutut. Sebuah studi yang memanfaatkan analisis video menunjukkan bahwa atlet wanita lebih cenderung menempatkan lutut mereka dalam peningkatan angulasi valgus ketika mengubah arah secara tiba-tiba, sehingga meningkatkan tekanan pada ligamen ACL. Terakhir, ada pendapat yang menyatakan bahwa efek estrogenik pada kekuatan dan fleksibilitas jaringan seperti ligamen mungkin berperan dan mempengaruhi wanita untuk mengalami cedera.⁸

2.2.4 Patomekanisme

Mekanisme cedera ACL meliputi rotasi internal tibia relatif terhadap tulang. Ini biasanya terjadi saat terjatuh saat bermain ski, serta saat olahraga seperti sepak bola. Dengan stres valgus, kompartemen sendi femorotibial terganggu sehingga menyebabkan cedera kolateral medial dan cedera ligamen silang medial (triad O'Donoghue). Mekanisme lain dari cedera ACL adalah



hiperekstensi seperti yang terjadi pada saat melakukan manuver melompat atau tendangan tinggi dan akan menyebabkan kontusio tulang kontra-kudeta pada tibia anterior dan kondilus femoralis. Robekan ACL akibat hiperekstensi sering terjadi tanpa disertai cedera ligamen kolateral atau meniskus. Mekanisme ketiga adalah rotasi eksternal tibia relatif terhadap femur dengan tekanan varus yang menyebabkan impaksi dan edema tulang di medial dan distraksi ke lateral yang mengakibatkan avulsi tepi tibialis lateral (fraktur Segond) dan robekan ligamen kolateral lateral.¹⁸

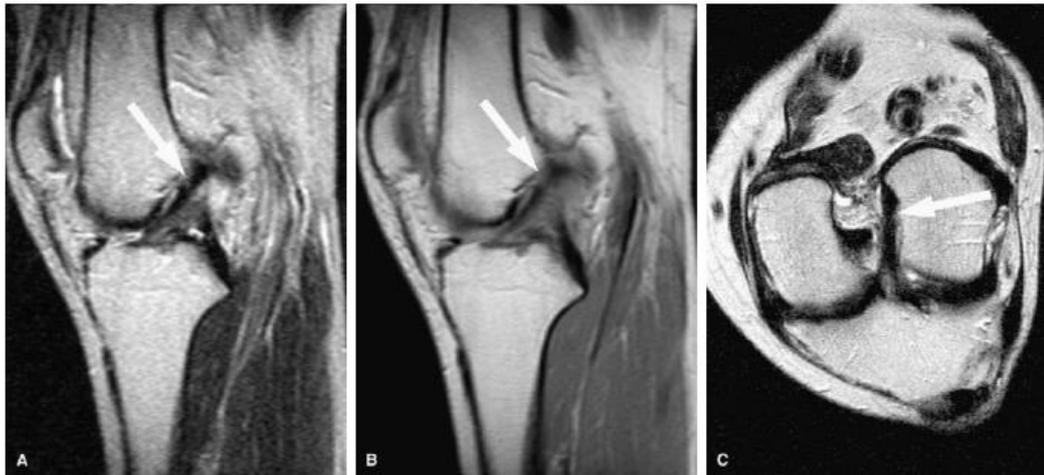
Ada tiga mekanisme utama cedera ACL: kontak langsung, kontak tidak langsung, dan nonkontak. Cedera kontak langsung terjadi ketika seseorang atau benda mengenai lutut secara langsung. Cedera kontak tidak langsung terjadi ketika seseorang atau benda membentur bagian tubuh selain lutut itu sendiri, menyebabkan gaya berlebihan ditransfer melalui lutut (seperti pukulan langsung ke paha, menggerakkan tulang paha ke belakang ke tibia), mengakibatkan kegagalan pada ACL. Cedera nonkontak terjadi ketika gaya perlambatan atau perubahan arah (poros) diterapkan pada lutut, tetapi sering kali mencakup pelepasan neuromuskular pada struktur di sekitar lutut pada waktu yang tidak tepat, menyebabkan translasi tibia ke tulang paha, yang mengakibatkan kegagalan pada ACL. Mekanisme nonkontak menyebabkan 60% –70% cedera ACL.⁶ Trauma non-kontak gabungan valgus dan rotasi internal pada lutut digambarkan sebagai salah satu mekanisme paling sering terjadinya ruptur ACL, karena dapat terjadi pada olahraga berputar seperti sepak bola atau bola tangan. Mekanisme trauma rotasi yang kompleks ini menunjukkan bahwa struktur lain harus diperiksa untuk menentukan apakah struktur tersebut terluka ketika diduga terjadi ruptur ACL.¹⁵

2.2.5 Drajat Ruptur ACL

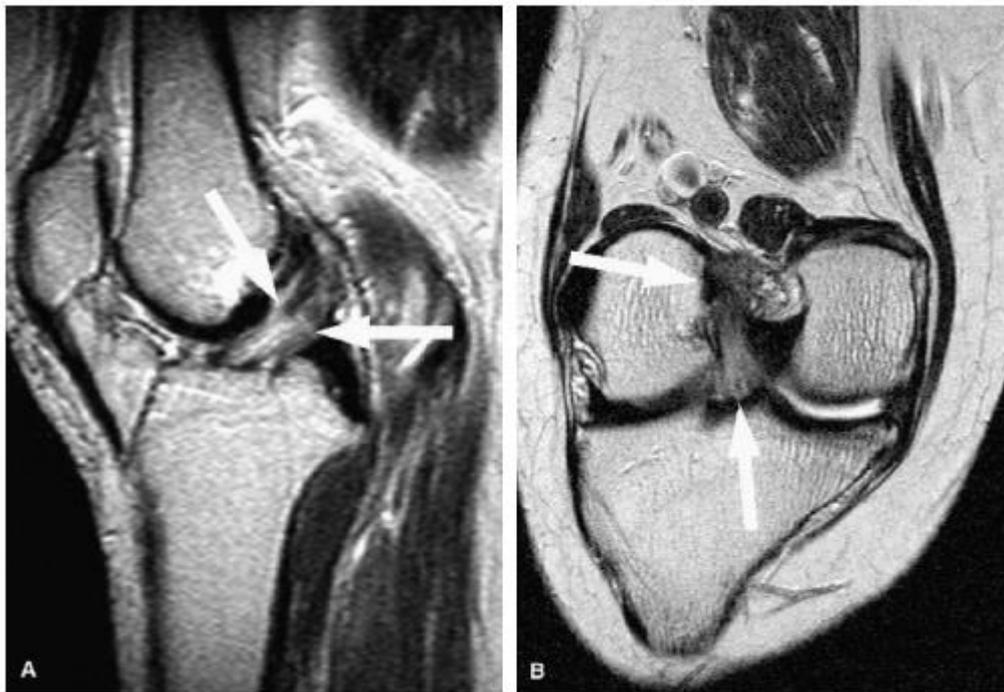
Perubahan ACL dievaluasi pada pemindaian MRI dan diklasifikasikan menjadi empat jenis menurut tingkat keparahan kerusakan (Derajat 0 hingga 3) yang dinilai pada pemindaian MRI sequence T1WI yakni:¹⁹

- a) Derajat 0 = Ligamen normal.
- b) Derajat 1 = robekan sebagian dengan kurang dari separuh substansi ligamen terganggu;
- Derajat 2=robekan sebagian dengan lebih dari separuh substansi ligamen terganggu.
- Derajat 3=robekan total ligamen.



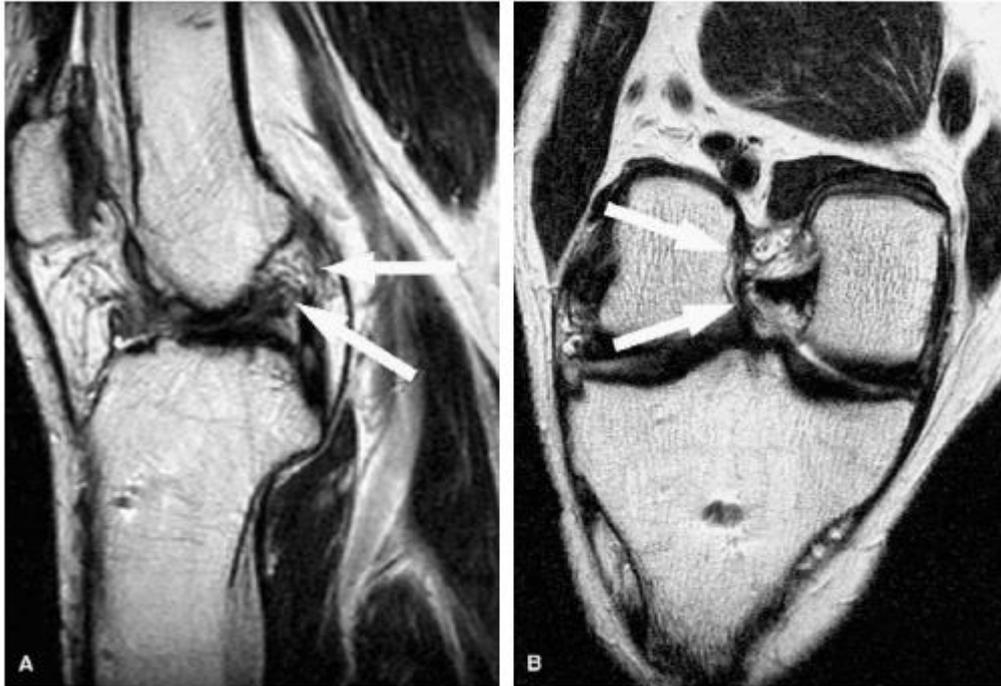


Gambar 5. Cedera tingkat 0 versus tingkat 1 pada ligamen anterior cruciatum (ACL). A dan B, Sagittal T2-weighted (TR/TE, 2200/90) dan proton density weighted (2200/14) menunjukkan penipisan fokus (panah) pada ACL yang menunjukkan cedera tingkat 1. C, Gambar Oblique coronal T2-weighted image (TR/TE, 3500/96) menunjukkan kontur normal dan ketebalan ACL yang mengindikasikan cedera tingkat 0. Pemeriksaan arthroscopic menunjukkan ACL utuh.



Gambar 7. Cedera tingkat 1 versus tingkat 2 pada ligamen anterior cruciatum (ACL). A, gambar Sagittal T2-weighted (TR/TE, 2200/90) menunjukkan lebih dari separuh substansi ligamen terganggu (panah) di bagian tengah ACL yang menunjukkan cedera tingkat 2. B, Gambar Oblique coronal T2-weighted image (TR/TE, 3500/96) menunjukkan ACL bengkak dengan peningkatan intensitas sinyal secara difus. Kontinuitas ligamen dan tempat perlekatan femoral dan tibialis (panah) dipertahankan. Cedera tingkat 1 lebih mungkin dibandingkan cedera tingkat 2 pada gambar ini, dan artroskopi memastikan cedera





Gambar 8. Cedera tingkat 2 versus tingkat 3 pada ligamen anterior cruciatum (ACL). A, gambar Sagittal T2-weighted (TR/TE, 3500/98) menunjukkan gangguan ACL lengkap (panah) pada perlekatan femoralis yang menunjukkan cedera tingkat 3. B, Gambar Oblique coronal T2-weighted image (TR/TE, 3500/96) menunjukkan penipisan dan pembengkakan (panah) ACL dengan kontinuitas yang terjaga. Disarankan cedera tingkat 2, dan artroskopi mengkonfirmasi cedera tingkat 2.

2.2.6 Manifestasi Klinis

Pada gejala klinis, kebanyakan pasien mengeluh mendengar dan merasakan “letupan” tiba-tiba dan merasa lutut mereka “lepas” pada saat cedera. Gejala lain termasuk nyeri tekan di sepanjang garis sendi, nyeri dan bengkak, penurunan atau hilangnya rentang gerak, dan kesulitan berjalan.⁸

Pemeriksaan fisik harus mencakup waktu terjadinya cedera, mekanisme cedera, status rawat jalan, stabilitas sendi, mobilitas, kekuatan, palpasi, dan evaluasi kemungkinan cedera terkait. Beberapa manuver digunakan untuk menguji ACL dan termasuk anterior drawer test, pergeseran poros, dan tes Lachman. Tes ini harus dilakukan setiap kali ada kecurigaan adanya cedera pada ligamen anterior.⁸

Anterior drawer test dilakukan dengan pasien berbaring telentang dengan lutut yang terkena difleksikan hingga 90 derajat dan kaki dalam posisi menjejak. (Terkadang dokter paling mudah menstabilkan kaki pasien dengan duduk di



Dokter akan memegang tibia proksimal dengan kedua tangan dan ya dengan gerakan anterior. Jika terdapat gerakan anterior yang n dan ketidakstabilan, maka tesnya positif. Mungkin juga berguna untuk

membandingkan dengan lutut yang tidak terkena dampak karena pasien mungkin mengalami peningkatan kelemahan ACL yang tidak bersifat patologis. Tes ini memiliki sensitivitas 92% dan spesifisitas 91% pada cedera kronis, namun tidak pada cedera akut.⁸

Tes pergeseran pivot dilakukan dengan pasien dalam posisi terlentang. Dokter harus memegang kaki bagian bawah pasien dan memulai dengan lutut dalam posisi ekstensi dan fleksi pinggul hingga 20 hingga 30 derajat. Selanjutnya, dokter akan membawa tibia ke rotasi internal dengan satu tangan dan mulai memberikan tekanan valgus pada lutut menggunakan tangan lainnya. Sambil memegang posisi ini, lutut kini harus ditekek. Hal ini menyebabkan stres, ketidakstabilan, dan akhirnya subluksasi ACL pada lutut yang terkena. Dengan fleksi lutut, jika tibia menjadi subluksasi ke belakang dan seseorang mungkin merasakan “bunyi”, ini menunjukkan hasil tes positif. Tes ini mungkin sulit dilakukan pada pasien yang sedang menjaga, dan beberapa pasien mungkin tidak mengizinkan dokter untuk melakukan tes tersebut. Ini adalah tes yang sangat spesifik (98%) jika positif tetapi tidak sensitif (24%) karena kesulitan dalam evaluasi akibat rasa sakit dan kerja sama pasien.⁸

Tes Lachman dilakukan dengan pasien dalam posisi terlentang dengan lutut ditekek sekitar 30 derajat. Dokter harus menstabilkan tulang paha distal dengan satu tangan dan, dengan tangan lainnya, menarik tibia ke arahnya. Jika terdapat peningkatan translasi anterior, maka ini merupakan tes positif. Sekali lagi, perbandingan dengan pihak yang tidak terpengaruh mungkin bisa membantu. Tes ini memiliki sensitivitas 95% dan spesifisitas 94% untuk ruptur ACL. Penting untuk mengevaluasi cedera terkait seperti cedera ligamen kolateral medial atau lateral, cedera pada ligamen kolateral posterior, atau cedera meniskus.⁸

2.2.7 Pencitraan Pada Ruptur ACL

Pencitraan radiologi konvensional memiliki nilai yang terbatas dalam diagnosis cedera ACL akut. Temuannya bersifat tidak langsung dan terbatas pada kelainan tulang. Pada pencitraan radiologi konvensional, terdapat beberapa tanda tidak langsung yang dapat meningkatkan kecurigaan adanya cedera ACL. Fraktur avulsi ACL pada insersi tibialis atau asal femoralis dapat ditemukan pada radiografi



baik ditentukan dengan computerized tomography (CT) (Gambar 6). Fraktur avulsi tepi tibialis lateral (fraktur Segond) (Gambar 7) dikaitkan dengan robekan ACL dan secara klasik disebabkan oleh

fraktur avulsi pada pita iliotibial meskipun istilah ini juga telah diterapkan ketika terdapat avulsi pada ligamen kolateral fibular atau bisep femoris.¹⁸

Meskipun ACL dapat divisualisasikan pada CT Scan, visibilitasnya terganggu dengan adanya hemarthrosis dan sebagian besar pasien dengan cedera ACL dievaluasi dengan MRI karena MRI juga paling baik untuk mendeteksi cedera meniscea, ligamen, atau chondral yang terjadi bersamaan. Jika cedera avulsi ACL terlihat melalui pencitraan radiologi konvensional, CT Scan akan membantu dalam menentukan ukuran, dan komposisi fragmen tulang avulsi (Gambar 6) dengan CT Scan tiga dimensi memungkinkan gambaran fraktur yang lebih baik. Artrografi CT dapat dilakukan dan memiliki akurasi yang sebanding dengan MRI dalam mendeteksi cedera krusial dan cedera meniskus.¹⁸

MRI sequences yang diterapkan untuk visualisasi ACL yang optimal adalah urutan fast spin echo 2D baik dengan atau tanpa fat suppression. Di sebagian besar pusat kesehatan, rangkaian yang digunakan untuk memvisualisasikan ACL mencakup Turbo spin echo (TSE) sagittal intermediate weighted sequence dengan fat suppression dan penekanan non-lemak, TSE coronal T2 weighted fat suppression sequence dan TSE axial intermediate weighted dengan sequence fat suppression.¹⁸

Gambar MRI dari lutut dalam keadaan fleksi dapat memberikan lebih banyak ruang di sekitar ACL dalam area intercondylar, membantu mengurangi artefak rata-rata volume dan dengan demikian memungkinkan visualisasi yang lebih baik pada ujung ligamen femoralis. Baru-baru ini pencitraan gema putaran cepat 3D dengan atau tanpa penekanan telah terbukti memiliki akurasi diagnostik yang sama dengan rangkaian 2D. Hal ini dapat menurunkan rata-rata volume artefak dan mempersingkat waktu pemeriksaan MRI secara keseluruhan.¹⁸

MRI dapat membedakan terkilir dan ruptur sebagian ACL dari ruptur total dan meniskus. Biasanya, ACL adalah pita intensitas sinyal rendah yang melintasi dari ujung femoralis ke turbulen, baik terlihat seluruhnya dalam satu irisan atau beberapa irisan tergantung pada kemiringan pemindaian yang dilakukan. Robekan ACL harus dibaca secara berurutan pada bidang koronal, sagital, dan aksial untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang ruptur ACL.



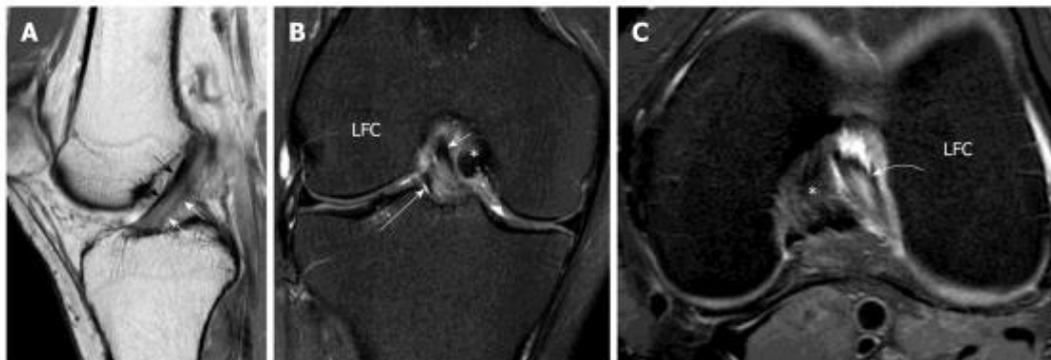


Gambar 9. Fraktur avulsi tulang belakang tibialis. Seorang pria berusia 20 tahun mengalami cedera lutut saat pertandingan sepak bola. A: Pencitraan radiologi konvensional lateral lutut menunjukkan fraktur avulsi pada ligamen cruciatum anterior (panah hitam) pada eminensia interkondilar anterior tibia. Fragmen fraktur terangkat seluruhnya dari tulang aslinya. Peningkatan kekeruhan jaringan lunak di kantong suprapatellar (panah putih) dan kantong infrapatellar (panah putih) sesuai dengan hemarthrosis; B: Gambar CT sagittal dari pasien yang sama melalui dataran tinggi tibialis tengah menunjukkan pergeseran fraktur avulsi pada eminensia interkondilar tibialis (panah putih).¹⁸

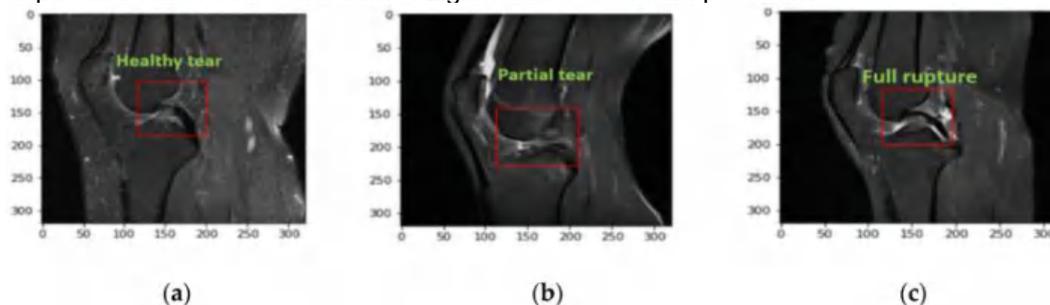


Gambar 10. Fraktur kedua. Seorang pria berusia 30 tahun mengalami cedera lutut saat pertandingan bola basket. A: Pencitraan radiologi konvensional frontal lutut kanan menunjukkan fragmen fraktur avulsi pada tepi tibialis lateral (panah hitam) yang sesuai dengan fraktur Segond. Fraktur ini sering dikaitkan dengan robekan ligamen anterior yang terlokalisasi pada pasien ini (tidak diperlihatkan); B: Gambar resonansi magnetik coronal dari pasien yang sama. Lokasi yang sesuai menunjukkan fraktur Segond dengan pergeseran minimal (panah putih) yang mungkin mudah terlewatkan pada pasien dengan edema memar atau edema tulang yang signifikan.¹⁸





Gambar 11. Ligamentum cruciatum anterior normal. Pria berusia 24 tahun tanpa riwayat cedera dan ketidakstabilan klinis. MRI Sagittal intermediate-weighted pada lutut. A: Menunjukkan ligamen anterior cruciatum (ACL) normal yang ditandai dengan serat intensitas sinyal rendah yang kencang, terus menerus, dan memanjang dari pleateu tibialis di anterior hingga aspek medial kondilus femoralis lateral. Bagian ACL yang lebih anterior adalah berkas anteromedial (panah hitam) sedangkan bagian yang lebih posterior adalah berkas posterolateral (panah putih). Mereka tidak dapat digambarkan dengan baik satu sama lain pada gambar sagital ini. Bundel posterolateral menunjukkan intensitas sinyal yang lebih tinggi dibandingkan bundel anteromedial. Gambar MRI dengan fat suppression Coronal T2-weighted koroner; B: ACL tengah dan distal pada fossa interkondilar. Serabut tersebut berjalan ke arah superior dan lateral di dalam fossa interkondilar dari perlekatan tibialis hingga kondilus femoralis lateral (LFC). Bagian yang lebih medial adalah berkas anteromedial (panah pendek berwarna putih) sedangkan bagian lateral adalah berkas posterolateral (panah panjang berwarna putih). Gambar MRI Axial intermediate-weighted fat suppression; C : Bagian tengah ACL normal (panah putih melengkung). ACL berbentuk elips karena berjalan miring terhadap bidang pemindaian. Kedua bundel tersebut tidak dapat dibedakan satu sama lain. *: Ligamentum cruciatum posterior.¹⁸



Gambar 12. Contoh ruptur ACL: (a) tidak ada perubahan panjang ruptur ACL atau grade 1, (b) contoh ruptur ACL sebagian atau grade 2, (c) robekan ACL total atau grade 3.²⁰

2.2 Meniscal Tear atau Robekan Meniscus

2.3.1 Anatomi Meniscus

Meniskus medial merupakan pita fibrokartilaginosa berbentuk bulan sabit yang berartikulasi di bagian inferior dengan kondilus medial tibia dan di superior



kondilus medial tulang paha, menempati sekitar 60% bagian kontak dengan kondilus lateral femoralis. Tanduk anterior meniskus menempel di anterior ke ligamen anterior cruciatum (ACL) di tibia, sedangkan tanduk posterior menempel ke ligamen posterior cruciatum. Ligamentum transversal mengikat bagian anterior meniskus medial. Selain

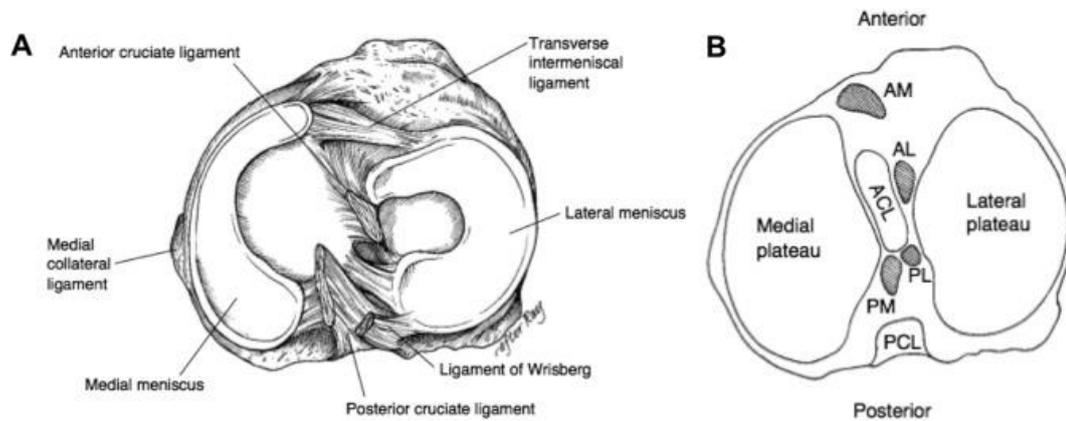
itu, meniskus medial menempel pada ligamen kolateral medial, yang membatasi mobilitasnya. Dibandingkan dengan meniskus lateral, meniskus medial lebih berbentuk bulan sabit, menutupi sebagian kecil pleateu tibialis, dan variasi ukuran, bentuk, dan ketebalannya lebih sedikit.²¹

Di lutut, menisci membentuk irisan fibrokartilago yang terletak di antara dataran tinggi tibialis dan kondilus femoralis. Bagian menisci yang paling banyak adalah kolagen (75%), terutama kolagen tipe I (>90%), meskipun faktanya juga mengandung kolagen tipe II, III, V, dan VI. Untaian kolagen diatur untuk sebagian besar sepanjang bantalan longitudinal atau melingkar. Mikroanatomi meniskus terdiri dari fibrokartilago tebal, yang disebut fibrokondrosit, karena merupakan kombinasi dari fibroblas dan kondrosit. Sel-sel ini bertanggung jawab atas campuran dan dukungan dari matriks fibrocartilaginous ekstraseluler. Jaringan ekstraseluler juga mengandung proteoglikan, glikoprotein, dan elastin.²¹

Meniskus medial semilunar yang lebih besar terpasang dengan kuat dibandingkan dengan meniskus lateral yang lebih longgar dan lebih bulat. Baik tanduk anterior dan posterior menisci menempel pada dataran tinggi tibialis. Di anterior, ligamen transversal menghubungkan menisci; posterior, ligamen meniscofemoral menahan tanduk posterior meniskus lateral ke kondilus femoralis. Meniskus perifer terhubung ke tibia oleh ligamen koroner. Meskipun ligamen kolateral lateral melewati meniskus lateral, itu tidak melekat padanya.²¹

Fungsi utama meniskus adalah mendistribusikan beban ke seluruh sendi lutut, sehingga mengurangi tekanan pada sendi. Menisci medial dan lateral juga memberikan stabilisasi, penyerapan shock, nutrisi, dan proprioception di seluruh sendi lutut. Selain itu, mereka memungkinkan sendi meluncur dan mencegah hiperekstensi lutut. Meniskus medial juga telah terbukti melindungi sendi dengan mencegah perkembangan osteoarthritis. Pentingnya meniskus dalam pencegahan arthritis pertama kali dicatat pada tahun 1948 ketika menisektomi lengkap menunjukkan perkembangan bertahap dari kerusakan tulang rawan artikular.²¹





Gambar 13. Anatomi meniscus. A) Anatomi meniscus dilihat dari atas. B) Tampak aksial dataran tinggi tibialis kanan yang menunjukkan bagian meniscus dan hubungannya dengan ligamen cruciatum. AL, meniscus lateral tanduk anterior; AM, meniscus medial tanduk anterior; PCL, ligamen cruciatum posterior; PL, meniscus lateral tanduk posterior; PM, meniscus medial tanduk posterior.

2.3.2 Definisi

Meniscus biasanya disebut sebagai struktur fibrokartilaginosa yang terletak di dalam rongga sendi lutut, antara tulang paha dan tibia, memberikan kekuatan pada sendi dan menyerap benturan untuk perlindungan. Rusaknya integritas meniscus akibat berbagai kondisi seperti displasia, ketegangan kronis, dan keseleo akut dapat menyebabkan kerusakan meniscus, disertai serangkaian gejala klinis seperti nyeri dan disfungsi yang sangat berdampak pada mobilitas dan kualitas hidup pasien.²²

2.3.3 Epidemiologi

Insiden robekan meniscus diperkirakan sekitar 60 per 100.000 populasi dan insiden cedera terkait meniscus meningkat secara signifikan karena peningkatan partisipasi olahraga dan alat diagnostik canggih. Hal ini membuat operasi meniscus menjadi salah satu operasi ortopedi yang paling umum dengan kejadian 17 prosedur per 100.000 di Amerika Serikat. Studi menemukan bahwa pasien dengan cedera meniscus mempercepat penuaan tulang rawan, yang membuatnya cenderung mengalami perubahan degeneratif dini dan fungsi jangka panjang yang buruk. Bahkan, lebih dari 75% pasien dengan gejala osteoarthritis telah mengetahui cedera meniscus. Selain itu cedera meniscus biasanya kejadian bersamaan dengan cedera ACL.²³



Biomekanik dan Patologi Meniscus

Robekan meniscus terisolasi terjadi karena gaya rotasi atau geser yang terjadi pada sendi tibiofemoral, terutama ketika beban aksial meningkat

pada meniskus. Skenario tersebut mencakup posisi dengan peningkatan derajat fleksi rantai kinetik tertutup (berlutut, jongkok), mengangkat/membawa beban berat, dan aktivitas yang memerlukan akselerasi/deselerasi cepat, perubahan arah, dan lompatan. Dampak traumatis pada lutut juga dapat menyebabkan robekan meniscal atau robekan yang terjadi bersamaan dengan lesi tulang atau kerusakan pada ligamen penstabil utama lutut, seperti anterior cruciate ligamen (ACL) dan MCL. Dibutuhkan kekuatan yang relatif lebih kecil untuk menyebabkan robekan pada mereka yang mengalami perubahan degeneratif pada meniskus, biasanya terlihat pada orang dewasa di atas usia 40 tahun, sering kali disertai dengan osteoarthritis (OA).²⁴

Meniscus bertanggung jawab untuk sebagian besar transmisi beban di lutut. Beberapa fungsi penting lainnya termasuk meningkatkan kesesuaian sendi untuk menjaga pelumasan cairan dengan cairan synovial. Hal ini lebih lanjut mempertahankan kesesuaian antara kondilus femoralis dan tibialis untuk mengasimilasi penggunaan yang tepat. Selain itu, disipasi energi, atau penyerapan guncangan, oleh menisci terutama penting dalam hal trauma dan beban benturan tinggi pada sendi lutut. Ekstensi lutut dan biomekanik fleksi berhubungan langsung dengan gerakan kondilus femoralis. Selama ekstensi, meniskus bergeser ke anteroposterior karena gaya yang diberikan oleh kondilus femoralis. Selama fleksi, menisci berubah bentuk secara mediolateral, mempertahankan keselarasan sendi dan area kontak maksimal. Tulang paha berputar secara eksternal pada tibia, dan meniskus medial ditarik ke depan.²⁴

Cedera yang terjadi bersamaan dengan meniskus medial dilaporkan pada 18%-54% kasus dan memiliki komorbiditas dengan robekan ACL akut dan kronis hingga 90%. Kemungkinan penyebab korelasi ini pada trauma valgus akut dan trauma rotasi internal adalah mekanisme ketidakstabilan medial yang tiba-tiba yang diikuti dengan gaya geser anteroposterior dan rotasi ketika ACL pecah. Trauma geser ini bahkan mungkin diperburuk dengan pecahnya *medial collateral ligament* (MCL). Dengan ketidakstabilan ACL yang persisten, pergeseran sumbu rotasi dan titik kontak menyebabkan perubahan jalur fleksi kondilus femoralis medial dan meningkatkan risiko cedera sekunder pada meniskus medial. Gaya geser yang berasal dari ketidakstabilan anteroposterior tibia akan memperpanjang ran anterior meniskus medial hingga 15 mm atau mengakibatkan gaya pada meniskus. Penurunan tekanan sendi pasif dalam kompartemen gabungan ketidakstabilan tampaknya mengakibatkan peningkatan



kekuatan tumbukan di bawah tekanan, misalnya berjalan. Allen dkk, menentukan peningkatan hasil puncak 50 N pada fleksi 60°. Korelasi pengaruh biomekanik antara ACL dan meniskus medial telah diselidiki dalam studi biomekanik kadaver manusia. Setelah diseksi ACL dan meniskus medial, ditemukan peningkatan ATT berbeda dengan ACL yang dibedah dengan meniskus medial utuh.¹⁵

Cedera meniskus lateral dilaporkan dengan tingkat kejadian 17%-51%, yang lebih jarang terjadi dibandingkan robekan meniskus medial pada kasus ruptur ACL akut namun juga sering disebabkan oleh cedera valgus-internal yang khas. mekanisme trauma rotasi. Risiko cedera meniskus lateral tampaknya berkorelasi dengan *bone bruise* lateral yang terjadi bersamaan, yang ditunjukkan pada MRI. Selain itu, seperti meniskus medial, meniskus lateral memberikan stabilitas yang signifikan. Defisiensi akar meniskus lateral menimbulkan ketidakstabilan rotasi-poros lutut pada studi cadaver.¹⁵

2.3.5 Klasifikasi

Robekan meniskus dikategorikan berdasarkan bentuk dan lokasinya ketika divisualisasikan pada pencitraan resonansi magnetik (MRI), di mana sinyal intrameniskus berintensitas tinggi berkomunikasi dengan setidaknya satu permukaan artikular pada jaringan meniskus yang tampak hitam. Robekan meniskus dapat dibagi menjadi vertikal, horizontal, dan kompleks. Robekan vertikal tegak lurus dengan pleateu tibialis dan sejajar dengan sumbu panjang meniskus. Lesi vertikal sering tanpa gejala dan dapat menyebabkan lesi longitudinal di pinggir meniscus. Robekan horizontal berjalan sejajar dengan pleateu tibialis melalui bagian tengah meniskus. Penyakit ini lebih mungkin terjadi pada orang berusia di atas 40 tahun dengan perubahan degeneratif yang mendasarinya, tanpa adanya peristiwa pemicu yang jelas. Robekan horizontal bisa lebih fatal, menyebabkan pembelahan total antara lapisan tepi meniscus. Lesi kompleks terkait dengan perubahan degeneratif pada lutut, terdiri dari lesi vertikal dan horizontal.²⁴

2.3.6 Diagnostik

Diagnosis robekan meniskus melibatkan riwayat terperinci, pemeriksaan fisik, pencitraan, dan tes khusus. Informasi anamnesis tentang penyebab dan lokasi robekan meniskus dapat diidentifikasi. Gambaran klinis pasien dengan meniskus bervariasi tergantung pada mekanisme cedera dan derajat lesi tibiofemoral yang terjadi bersamaan. Sensasi "pop", dengan efusi



langsung pada lutut selama aktivitas berat atau trauma, dikaitkan dengan robekan ACL dengan kemungkinan robekan meniskus medial. Sebaliknya, efusi yang berkembang lebih bertahap selama 24 jam lebih menunjukkan robekan meniskus yang terisolasi. Gejalanya juga bisa berbahaya, di mana efusi dan kekakuan tingkat rendah berkembang selama beberapa hari meskipun tidak ada kejadian yang memicu. Nyeri biasanya dilaporkan pada garis sendi anteromedial atau anterolateral. Tergantung pada jenis dan luasnya lesi meniskus, mungkin juga terdapat gejala terkunci, berbunyi klik, tersangkut, ketidakmampuan intermiten untuk merentangkan lutut sepenuhnya, atau lutut terasa lemas.²⁴

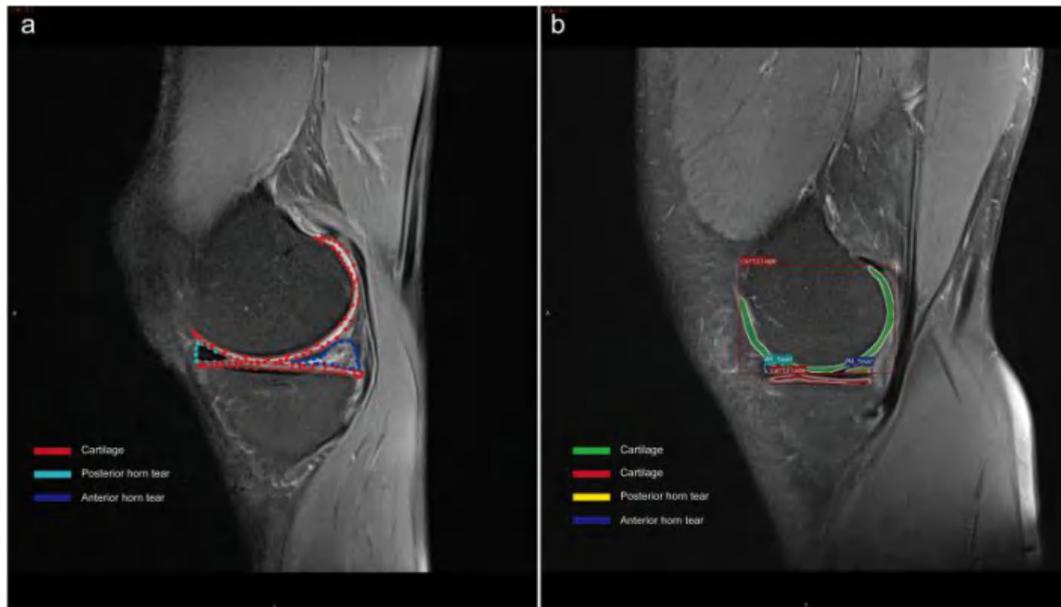
Pemeriksaan fisik harus mencakup pemeriksaan lutut untuk mengetahui adanya edema, palpasi garis sendi, rentang gerak berdiri dan terlentang, pengujian kekuatan otot, dan pengujian khusus. Tes McMurray adalah salah satu tes klinis yang digunakan untuk mendiagnosis robekan meniskus. Tes McMurray memiliki sensitivitas 61% dan spesifisitas 84%. Ini adalah prosedur yang melibatkan rotasi lutut secara sistemik oleh dokter. Tes positif bila ada klik/popping dan nyeri pada lutut saat lutut diputar. Tes klinis lainnya adalah Apley's grinding test dimana pasien berbaring dengan posisi tengkurap dengan fleksi lutut hingga 90 derajat. Ini diikuti oleh rotasi medial dan lateral lutut oleh dokter diikuti dengan distraksi. Kompresi, alih-alih gangguan, mengikuti pengulangan proses. Robekan meniskus didiagnosis saat rotasi yang menurun dikaitkan dengan lutut yang lebih nyeri saat lutut diputar dan dikompresi.²⁴

Ketika dicurigai adanya robekan meniskus, pencitraan harus dimulai dengan pemeriksaan radiologi konvensional yang mencakup gambaran AP, lateral, oblique, sunrise, dan beban untuk menilai patologi tulang, dan osteoarthritis yang terjadi bersamaan. Menggunakan MRI adalah cara pencitraan terbaik untuk mendiagnosis dan mengkarakterisasi robekan meniskus. Pencitraan MR ditemukan 93% sensitif dan 88% spesifik untuk robekan meniskus medial, dan 79% sensitif dan 96% spesifik untuk robekan meniskus lateral.²⁴

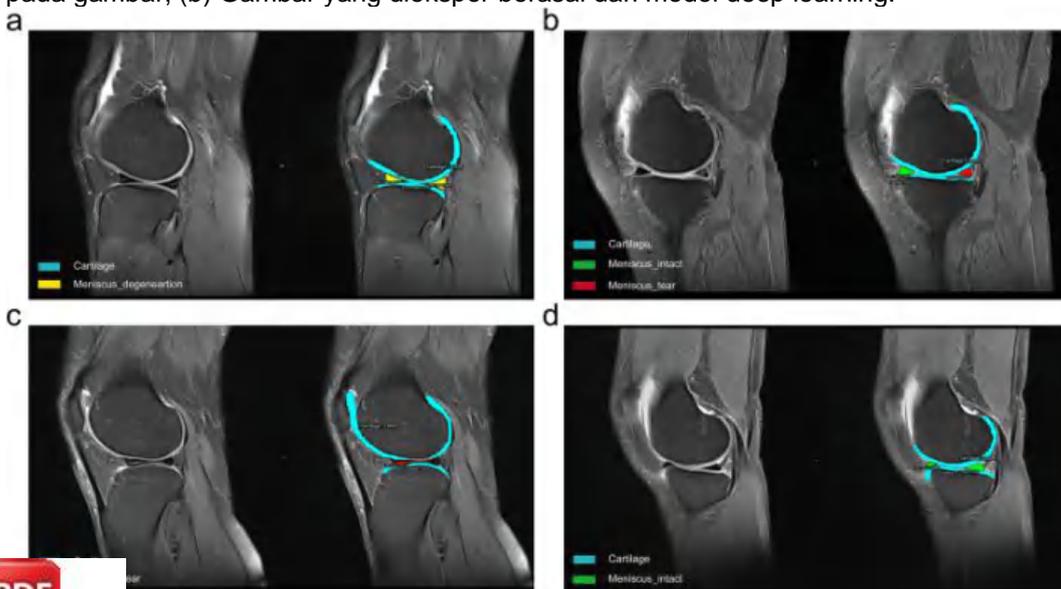
Pencitraan MRI menghasilkan resolusi pencitraan jaringan lunak yang tinggi. Metode ini memungkinkan gambaran yang jelas mengenai bentuk dan struktur internal meniskus, dan merupakan pemeriksaan pilihan untuk diagnosis cedera meniskus. Fat-suppressed fast spin-echo proton density-weighted image (PDWI), yang menghasilkan hipointens homogen pada sekuense MRI, ring digunakan dalam mendeteksi cedera meniskus. Sebuah penelitian at menunjukkan bahwa menganalisis risiko dan prognosis cedera



meniskus memiliki implikasi klinis yang penting. Namun, keakuratan diagnosis MRI terbatas karena alasan berikut. Pertama, beberapa jaringan berbentuk tidak beraturan terletak di sekitar meniskus. Kedua, sinyal abnormal dari robekan meniskus sangat kecil sehingga tidak mudah terlihat pada gambar. Ketiga, jumlah data MRI bisa sangat besar (sekitar 100 gambar per pasien). Keempat, keakuratan diagnosis dipengaruhi oleh pengalaman diagnosis dokter.²³



Gambar 14. Proses visualisasi dataset Meniscus dengan MRI. (a) Proses penandaan objek pada gambar, (b) Gambar yang diekspor berasal dari model deep learning.²²



5. Hasil diagnosis masker pada gambar MRI meniskus. (a) Degenerasi pada kornu anterior dan posterior, (b) Robekan pada corpus meniskus, (c) Robekan u posterior, (d) Meniskus yang normal.²²



2.2 Bone Bruise

2.4.1 Definisi

Cedera tulang subkondral atau juga dikenal sebagai *bone bruise*, sering dikaitkan dengan cedera ligamen anterior (ACL) karena gaya kontak yang diberikan ke sendi tibiofemoral pada saat subluksasi. *Bone bruise* didefinisikan sebagai jenis lesi sumsum tulang atau subkondral akibat fraktur mikrotrabekuler dan diamati sebagai sinyal intensitas tinggi pada pemeriksaan (MRI).²⁵

2.4.2 Epidemiologi

Pada kasus cedera ACL, *bone bruise* bersifat patognomonik, dengan tingkat prevalensi hingga 80%, dan umumnya terlokalisasi di pleateu tibialis lateral (LTP) dan kondilus femoralis. *Bone bruise* terdeteksi pada minimal 80% pasien dengan ruptur ACL akut. Penelitian yang lebih baru mengamati *bone bruise* pada 98% hingga 100% robekan ACL.²⁵

2.4.3 Etiopatogenesis

Cedera ACL kontak terjadi ketika beban valgus diterapkan pada kaki yang diposisikan atau difiksasi, mengakibatkan impaksi kondilus femoralis lateral ke pleateu tibialis lateral. Sebaliknya, cedera ACL nonkontak dapat terjadi akibat pembebanan paha depan pada lutut yang sedikit tertekuk, yang berpuncak pada momen valgus di sekitar tibia yang berotasi ke dalam. Cedera nonkontak secara tradisional dihipotesiskan sebagai akibat dari gaya valgus murni, menyebabkan memar terutama di kompartemen lateral. Namun, data prospektif telah mengungkapkan bahwa pola cedera pada cedera ACL nonkontak merupakan produk translasi anterior yang mempengaruhi kompartemen medial dan lateral. Dalam kelompok kedokteran tingkat II berbasis bukti, Viskontas dkk menyelidiki bagaimana derajat *bone bruise* berhubungan dengan energi cedera (kontak versus nonkontak) dan prognosis fungsi lutut. Mereka menemukan bahwa *bone bruise* “lebih sering terjadi”, lebih dalam, dan lebih intens” pada pleateu tibialis lateral pada cedera nonkontak. Selain itu, *bone bruise* kompartemen medial terlihat lebih sering dibandingkan yang dilaporkan sebelumnya, khususnya pada kelompok nonkontak.²⁶



one bruise umumnya disebabkan oleh rotasi internal pada cedera valgus mana terdapat impaksi aspek posterior pleateu tibialis terhadap bagian tau anterior kondilus femoralis. Intensitas sinyal medula abnormal ini an oleh mikrofraktur subkortikal, edema, atau perdarahan. Dalam kasus

cedera mekanisme anteromedial atau cedera kompresi langsung, pola *bone bruise* berbeda, seperti lesi edema tulang ciuman atau melibatkan pteatau tibialis posteromedial.¹⁸

Bone bruise merupakan akibat impaksi pada saat cedera. Khususnya pada pasien muda yang kemungkinan besar memiliki elastisitas serat ACL yang lebih tinggi, gangguan dan impaksi, terutama pada bagian kondilus yang lebih sentral dibandingkan posterior, dapat terjadi bahkan tanpa adanya robekan ACL. Penelitian tersebut menganggap *bone bruise* sebagai indikator yang kuat namun bukan indikator mutlak terjadinya ruptur ACL.¹⁸

Seperti cedera ACL, presentasi *bone bruise* setelah dislokasi patela terjadi dalam pola yang unik dan dapat diprediksi pada pencitraan MRI. Setelah dislokasi lateral akut, dampaknya menyebabkan edema sumsum fokal pada aspek lateral kondilus femoralis lateral dan patela inferomedial. Peningkatan sinyal tidak terdapat pada ujung distal kondilus femoralis lateral pada sulkus terminalis atau pada pleatau tibialis lateral, yang membedakan dislokasi patela dari robekan ACL akut. Kadang-kadang, fraktur osteokondral pada kondilus femoralis lateral dapat menyertai dislokasi. Pemeriksaan patela yang cermat dapat menunjukkan adanya defek osteokondral atau kontusio tulang yang berhubungan dengan peristiwa dislokasi/relokasi patela, sering kali melibatkan sisi medial atau ganjil. Gambaran MRI aksial dapat menggambarkan kedalaman lesi dan keterlibatan lempeng subkondral, sehingga meningkatkan pemahaman tentang cedera dan pilihan pengobatannya.²⁵

Bone bruise sangat umum terjadi pada ruptur ACL. McCauley dkk mengemukakan bahwa adanya *bone bruise* pada aspek posterior pteatau tibialis dan perpindahan tanduk posterior meniskus lateral sangat spesifik untuk ACL yang ruptur. Namun, beberapa penulis menemukan bahwa tanda-tanda sekunder seperti *bone bruise* tidak membantu secara signifikan dalam diagnosis ruptur ACL.¹⁸

2.4.4 Manifestasi Klinis

Tinjauan sistematis yang dilakukan oleh Filardo dkk mengidentifikasi 19 penelitian yang menyelidiki pengaruh *bone bruise* pada klinis. Dua dari 5 penelitian akan bahwa *bone bruise* berkorelasi dengan nyeri yang lebih tinggi dan an sendi, 4 penelitian menunjukkan waktu yang lebih lama untuk (an rentang gerak normal), dan 1 dari 10 mampu mengidentifikasi tingkat berolahraga yang lebih rendah pada ujian tengah semester. Gage dkk



kemudian menemukan bahwa *bone bruise* merupakan prediktor penundaan waktu untuk mencapai ekstensi lutut penuh sebelum operasi. Defisit rentang gerak normal sebelum operasi berhubungan dengan tingkat artrofibrosis yang lebih tinggi dan skor subjektif yang lebih rendah.²⁷

Secara klinis, individu dengan *bone bruise* melaporkan peningkatan efusi sendi lutut dan peningkatan nyeri yang mempengaruhi waktu untuk memulihkan gaya berjalan simetris dan rentang gerak lutut. Peneliti berpendapat bahwa derajat *bone bruise* yang ditemukan pada MRI dikaitkan dengan luaran yang lebih buruk, termasuk peningkatan rasa sakit dan lebih rendahnya skor yang dilaporkan pada Skor Hasil Cedera Lutut dan Osteoarthritis. Namun, Lattermann dkk menemukan bahwa tingkat keparahan *bone bruise* saja tidak dikaitkan dengan penurunan hasil yang dilaporkan sendiri, hal ini menyoroti ketidakkonsistenan dan kurangnya pemahaman seputar dampak *bone bruise*.²⁵

Investigasi terhadap perkembangan *bone bruise* menunjukkan rentang waktu resolusi yang luas, mulai dari resolusi lengkap dalam 2 bulan hingga menetap dalam 1 tahun, sebagian disebabkan oleh heterogenitas modalitas pencitraan dan peningkatan sensitivitas dari waktu ke waktu. Sebuah penelitian terbaru yang dilakukan oleh Kroker dkk menggunakan dual-energy radiograph absorptiometry dan high-resolution peripheral quantitative computed tomography menemukan bahwa 19 dari 21 *bone bruise* telah sembuh dalam 2 bulan dan 21 *bone bruise* tersebut sembuh dalam 8 bulan. Namun, pengeroposan tulang subkondral terus berlanjut hingga 10 bulan, bahkan setelah *bone bruise* tidak lagi terlihat pada pencitraan.²⁸

2.4.5 Pemeriksaan Radiologi

Studi magnetic resonance imaging (MRI) pada cedera ACL akut telah melaporkan adanya *bone bruise*, kontusio, atau edema pada tibia dan femur subkondral pada lebih dari 80% subjek dengan gangguan ACL total. *Bone bruise* yang divisualisasikan pada MRI, menunjukkan temuan tulang pasca-trauma termasuk perdarahan, edema, dan fraktur mikrotrabekuler. Hal ini secara klasik muncul sebagai wilayah geografis dengan intensitas sinyal rendah pada gambar T1-weighted dan intensitas sinyal tinggi pada gambar T2-weighted. Meskipun



penulis membedakan fraktur impaksi dari *bone bruise*, sebagian besar mengenai cedera ACL mempertimbangkan kedua cedera tersebut bersamaan. sebagai spektrum dari cedera yang sama. Penelitian radiologi akan bahwa *bone bruise* bertahan setidaknya selama 12 hingga 14

minggu. Selama cedera ACL, eksternal besar kekuatan yang dikombinasikan dengan kerentanan ligamen pasien selama kondisi pembebanan tertentu menyebabkan benturan keras antara tulang rawan artikular tibialis dan femoralis yang ditransfer ke tulang, dan mengakibatkan *bone bruise*. *Bone bruise* ini terlihat pada pencitraan resonansi magnetik pada lutut yang mengalami cedera ACL sebagai sinyal hiperintens pada tibia dan femur subkondral. Distribusi *bone bruise* di lutut dapat memberikan gambaran mekanisme cedera ACL.²⁶

Costa-Paz dkk mengklasifikasikan *bone bruise* pada MRI menjadi 3 kategori: grade 1 didefinisikan sebagai sinyal difus yang jauh dari permukaan artikular di bawahnya, grade 2 adalah sinyal terlokalisasi yang berdekatan dengan permukaan artikular di bawahnya, dan grade 3 melibatkan gangguan atau depresi kontur normal permukaan kortikal.²⁹

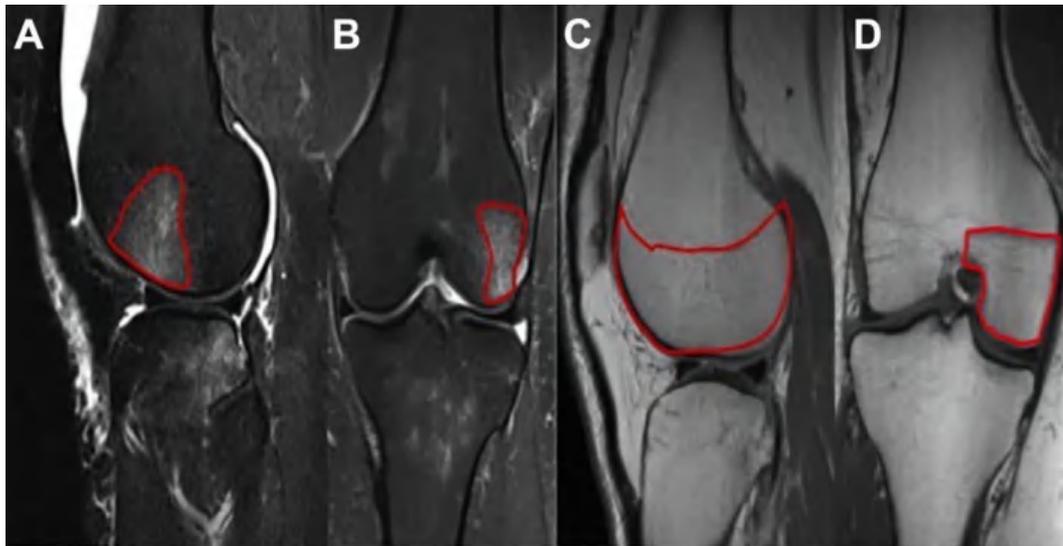


Gambar 16. Klasifikasi *bone bruise* pada pencitraan MRI menurut Costa-Paz dkk: tingkat 1, sinyal menyebar jauh dari permukaan artikular di bawahnya; tingkat 2, sinyal terlokalisasi dengan kedekatan dengan permukaan artikular di bawahnya; dan tingkat 3, gangguan atau depresi kontur normal permukaan kortikal. Fatsat PDW, saturasi lemak tertimbang kepadatan proton. Panah putih menunjukkan luasnya *bone bruise* berdasarkan tingkatannya.²⁹

Tiga penelitian dalam tinjauan ini melaporkan prevalensi setidaknya *bone bruise* tulang tingkat I pada MRI subjek yang mengalami cedera ACL. Hernandez-Molina dkk. melaporkan bahwa 51% lesi sumsum tulang pada kompartemen sendi tibiofemoral lateral dan medial adalah derajat II atau derajat III. Speer dkk. melaporkan tiga lesi tingkat I, delapan tingkat II, dan tiga tingkat III pada 14 pasien mereka yang juga mengalami terkilir MCL secara bersamaan. Karena terbatasnya data yang melaporkan intensitas *bone bruise*, tingkatan *bone bruise* tidak dapat dibandingkan dalam tinjauan ini. Namun, penilaian *bone bruise* dapat membantu mengidentifikasi berbagai mekanisme cedera dalam penelitian selanjutnya. Hubungan antara dua mekanisme kompartemen medial dapat diselesaikan



dengan melaporkan persentase *bone bruise* tingkat III atau intensitas tinggi pada penelitian selanjutnya. *Bone bruise* kompartemen medial dengan intensitas derajat III mungkin berhubungan dengan pembebanan bidang sagital karena kompartemen medial terlibat dengan tumbukan tibiofemoral dengan energi awal/tertinggi setelah ruptur ACL. Viskontas dkk. mengaitkan peningkatan prevalensi *bone bruise* kompartemen medial pada subjek cedera ACL non-kontak dengan pembebanan bidang sagital atau translasi tibialis anterior dibandingkan pembebanan valgus. Subjek cedera non-kontak juga dilaporkan memiliki proporsi *bone bruise* derajat III yang jauh lebih besar dibandingkan subjek cedera kontak ($p < 0,001$). Mekanisme contrecoup mungkin berhubungan dengan *bone bruise* dengan intensitas rendah, karena mekanisme ini melibatkan tumbukan kompartemen medial dengan energi lebih rendah setelah tumbukan awal antara kompartemen lateral.³⁰



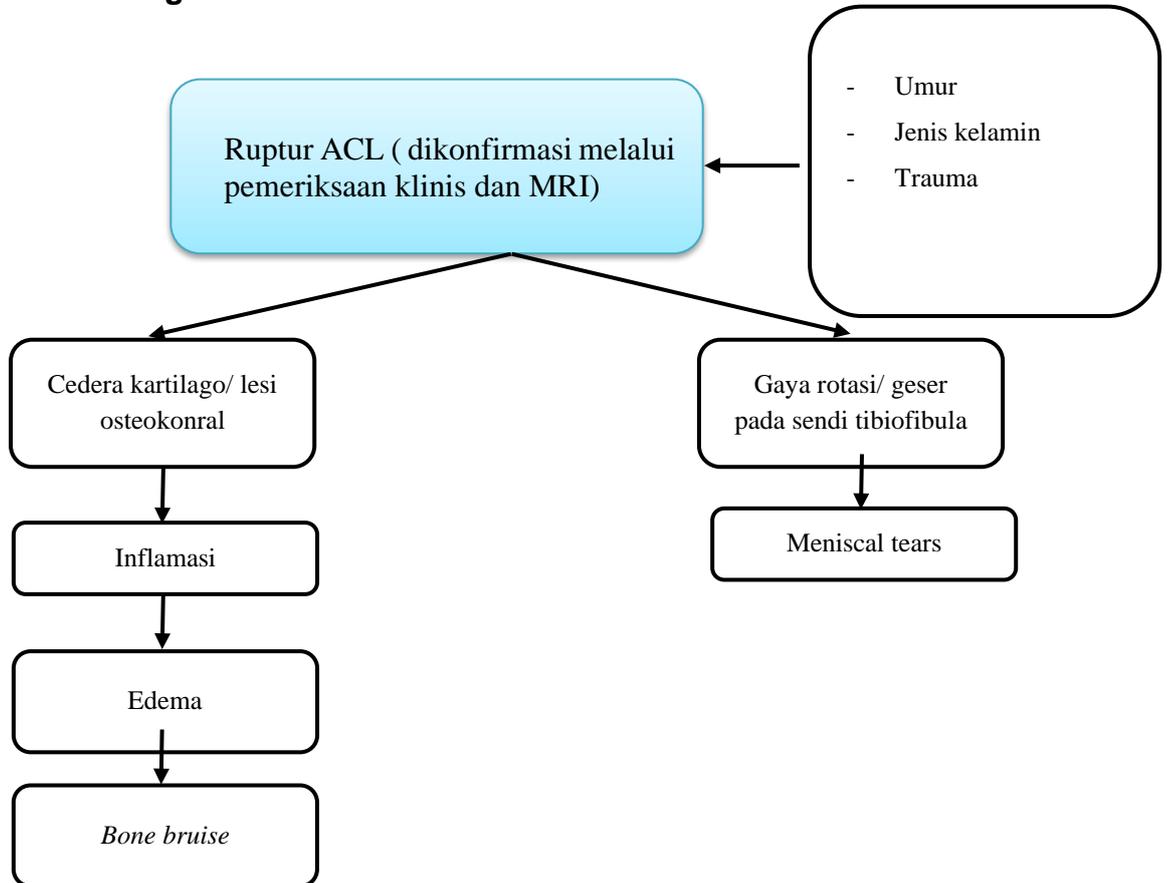
Gambar 17. Area yang ditandai (garis merah) dari *bone bruise* pada (A) sagital dan (B) coronal T2-weighted MRI. Area *bone bruise* diukur dalam kaitannya dengan luas total (contoh di atas mengukur 45%) kompartemen yang diukur pada irisan (C) sagital dan (D) coronal T1-weighted.³¹



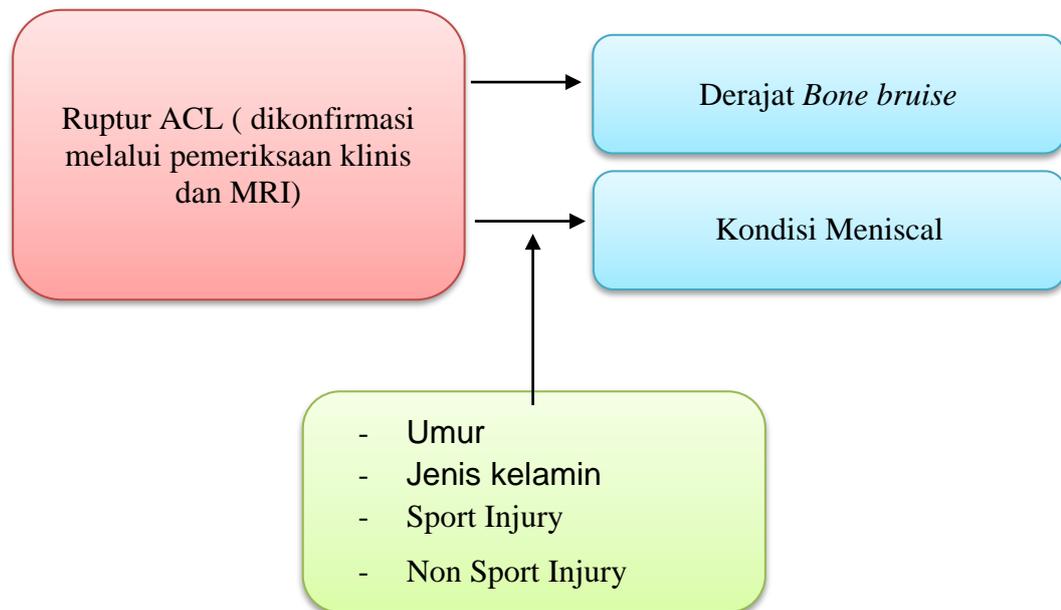
BAB III

KERANGKA DAN HIPOTESIS PENELITIAN

3.1 Kerangka teori



1.4 Kerangka Konsep



 : Variabel Independent

 : Variabel Dependent

 : Variabel Perancu

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis Kerja : Terdapat hubungan positif antara ruptur anterior cruciate ligament (ACL) terhadap derajat *bone bruise* dan kondisi *meniscal* pada pasien dengan cedera lutut akut yang di uji menggunakan Magnetic Resonance Imaging *lutut*. Dengan kata lain, semakin tinggi kompleks rupture ACL pada pasien cedera lutut akut, maka semakin besar derajat *bone bruise* dan curiga kondisi meniscus tear

