

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fraktur atau patah tulang adalah diskontinuitas struktural pada tulang, bisa parsial maupun penuh, yang berkontribusi signifikan terhadap morbiditas dan mortalitas global.⁽¹⁾ Kondisi ini menjadi salah satu penyebab kecacatan dan kematian yang sering terabaikan, terutama di negara berkembang, dengan angka kematian global mencapai sekitar lima juta kasus setiap tahun. Diperkirakan 40% kematian di dunia berkaitan dengan fraktur akibat perdarahan, dan sekitar 30–50% mengalami disabilitas akibat cedera tersebut.⁽²⁾

Sebagian besar fraktur disebabkan oleh trauma, yang dapat terjadi dalam berbagai konteks kehidupan, seperti di jalan raya, rumah, sekolah, maupun tempat kerja. Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018, kejadian trauma sebagian besar dilaporkan terjadi di lingkungan rumah sebesar 44,7%, diikuti oleh jalan raya sebesar 31,4%, tempat kerja 9,1%, dan lingkungan sekolah 6,5%. Bagian tubuh yang paling sering mengalami cedera adalah ekstremitas bawah (67%), diikuti ekstremitas atas (32,7%).^(3,4)

Fraktur pada ekstremitas bawah merupakan cedera muskuloskeletal yang paling sering dijumpai, sementara fraktur tulang panggul memiliki dampak biomekanik yang lebih besar akibat perannya sebagai struktur utama penopang berat badan dan stabilitas tubuh bagian bawah. Pubis merupakan struktur tulang yang berfungsi sebagai penopang utama tubuh bagian bawah dan memiliki risiko tinggi mengalami trauma, terutama akibat cedera tumpul. Jenis fraktur yang sering dijumpai di daerah panggul antara lain fraktur proksimal femur dan fraktur pada *symphysis pubis*, yang masing-masing menyumbang sekitar 2–8% dari seluruh kasus fraktur muskuloskeletal.⁽⁵⁾

Fraktur pubis dapat diklasifikasikan berdasarkan energi penyebabnya, yaitu cedera berenergi tinggi, trauma berenergi rendah pada tulang normal, serta fraktur patologis pada tulang yang lemah akibat proses degeneratif.⁽⁵⁾ Faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan penyembuhan fraktur meliputi stabilitas fragmen tulang, derajat kerusakan jaringan lunak, suplai darah ke area fraktur, status nutrisi, teknik fiksasi, serta pola beban mekanis yang diterima tulang selama proses

penyembuhan.⁽⁶⁾ Dalam konteks klinis, stabilitas mekanik fraktur Pubis berhubungan erat dengan risiko perdarahan dan ketidakstabilan hemodinamik pasien yang menjadi dasar klasifikasi *World Society of Emergency Surgery* (WSES).⁽⁶⁾

Fraktur pubis memiliki angka kejadian sekitar 10% dari seluruh kasus fraktur akibat trauma tumpul dan sekitar 3% dari trauma skeletal.⁽²⁾ Cedera ini paling sering dialami oleh individu usia produktif ssekitar 35 tahun dan lebih banyak ditemukan pada laki-laki. Namun, pada usia lanjut, terutama perempuan di atas 40 tahun, fraktur Pubis lebih sering disebabkan oleh proses patologis seperti osteoporosis. Fraktur ini dapat menimbulkan perdarahan hingga mencapai 3000 ml, sehingga berpotensi menimbulkan kematian terutama akibat tekanan dengan berkekuatan tinggi.^(7,8)

Fraktur ramus pubis anterior merupakan salah satu manifestasi fraktur cincin pubis anterior yang secara umum diklasifikasikan sebagai cedera stabil karena tidak menyebabkan gangguan bermakna pada stabilitas mekanik cincin pubis. Cedera ini sering terjadi pada pasien usia lanjut dengan kepadatan tulang yang menurun, bahkan dapat disebabkan oleh trauma ringan seperti terjatuh. Meskipun bersifat stabil, fraktur ini memiliki morbiditas dan mortalitas tinggi. Penatalaksanaan konservatif yang mengandalkan mobilisasi dini dan manajemen nyeri sering kali tidak memadai, karena sekitar 30% pasien mengalami komplikasi berupa nyeri kronis, gangguan mobilitas, dan penurunan kualitas hidup. Angka kematian dalam satu tahun dilaporkan mencapai 18,5%, setara dengan fraktur Pubis posterior.⁽⁸⁾

Secara global, insiden fraktur pubis meningkat dari 1,7 juta kasus pada tahun 1990 dan diperkirakan mencapai 6,3 juta kasus per tahun pada tahun 2050.⁽⁹⁾ Peningkatan ini menegaskan pentingnya pemahaman biomekanika fraktur pubis, terutama pada ramus pubis anterior yang berperan besar dalam menopang beban tubuh dan menjaga stabilitas panggul.⁽⁹⁾

Tikus wistar (*Rattus norvegicus*) merupakan model hewan yang umum digunakan dalam penelitian anatomi untuk mempelajari penyakit manusia.⁽¹⁰⁾ Pada tulang pubis tikus wistar terdapat ligamentum yang memiliki kemiripan struktur dengan manusia, termasuk ligamentum *pubicum* superius dan ligamentum *arcuatum* pubis. Ligamen tersebut memiliki peran dalam menjaga stabilitas simfisis

pubis serta menahan distribusi beban saat bergerak. Meskipun terdapat perbedaan ukuran dan proporsi biomekanik antara manusia dan tikus wistar, fungsi dasar ligamen pada daerah pubis tetap serupa.⁽¹¹⁾

Penatalaksanaan fraktur ramus pubis anterior umumnya bersifat konservatif karena diklasifikasikan sebagai cedera stabil. Namun, stabilitas biomekanik pada area fraktur tetap perlu dievaluasi karena instabilitas mekanik yang tidak terdeteksi dapat menyebabkan peningkatan pergerakan antarfragmen dan beban saat terjadi diastasis. Kondisi tersebut berpotensi mengganggu proses penyembuhan tulang dan meningkatkan risiko komplikasi seperti *delayed union*, *nonunion*, maupun *malunion*.⁽¹²⁾ Kondisi ini menunjukkan perlunya evaluasi kuantitatif terhadap stabilitas tulang untuk memperbaiki penilaian risiko dan menentukan intervensi yang tepat.^(13,14,15) Minimnya pengukuran kuantitatif stabilitas terkait berat badan menjadi celah penting yang dapat diisi untuk meningkatkan akurasi prediksi risiko dan optimasi terapi.⁽¹⁵⁾

Sebagian besar penelitian biomekanika panggul sebelumnya berfokus pada fraktur segmen posterior, baik menggunakan model kadaver maupun sintetis, tanpa mempertimbangkan peran jaringan lunak peripelvik yang memengaruhi kestabilan anterior.⁽¹⁶⁾ Padahal, pemahaman stabilitas fraktur ramus Pubis anterior secara biomekanik diperlukan untuk menggambarkan kemampuan tulang menahan beban dan mendukung pergerakan.⁽¹⁷⁾

Sifat mekanik tulang dapat diukur dengan menggunakan *Force gauge*, yakni instrumen yang digunakan untuk menilai gaya tekan atau tarik suatu material. Penggunaan *Force gauge* dalam penelitian biomekanika memungkinkan pengukuran gaya yang diperlukan untuk menimbulkan deformasi atau fraktur, sehingga nilai kekuatan dan kekakuan (*stiffness*) tulang dapat ditentukan secara kuantitatif.⁽¹⁸⁾

Fraktur ramus pubis anterior pada tikus Wistar belum pernah dinilai secara biomekanik dengan pendekatan *ex vivo* yang mempertahankan integritas jaringan lunak. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui pendekatan biomekanik realistik dengan pengujian melihat perubahan *interfragmentary movement*, perbandingan jarak fraktur sebelum dan sesudah

setelah diberikan beban dan juga melihat kekakuan tulang dengan rumus $F/\Delta L$ untuk menilai stabilitas fraktur ramus pubis anterior secara kuantitatif.⁽¹⁹⁾

Dengan demikian, penelitian ini mengisi kesenjangan penelitian mengenai pengukuran kuantitatif stabilitas fraktur ramus pubis anterior. Pubis anterior pada tikus Wistar menggunakan *Force gauge* dengan pengukuran *Interfragmentary movement*, *strain*, dan *stiffness* secara eks vivo, sambil mempertahankan integritas jaringan lunak.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana nilai pre-*interfragmentary movement* dan post-*interfragmentary movement* baik pembebanan horizontal maupun pembebanan vertikal setelah diberikan protokol biomekanika pada fraktur ramus pubis anterior tikus Wistar?
2. Bagaimana nilai *stiffness* setelah penerapan protokol biomekanik pada fraktur ramus pubis anterior tikus Wistar pada pembebanan horizontal dan vertikal?
3. Bagaimana nilai dan distribusi kategori *strain* pada fraktur ramus pubis anterior tikus Wistar setelah penerapan protokol biomekanika pada pembebanan horizontal dan vertikal?
4. Apakah terdapat pengaruh arah pembebanan horizontal dan vertikal terhadap nilai delta *interfragmentary movement*?
5. Apakah terdapat pengaruh arah pembebanan horizontal dan vertikal terhadap nilai *stiffness*?
6. Apakah terdapat pengaruh arah pembebanan horizontal dan vertikal terhadap nilai *strain*?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui stabilitas fraktur ramus Pubis anterior tikus Wistar (*Rattus norvegicus*) melalui delta *Interfragmentary movement*, *stiffness*, dan *strain* menggunakan *Force gauge* dan ImageJ pada protokol biomekanik.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui nilai *pre-interfragmentary movement* dan *post-interfragmentary movement* baik pembebanan horizontal maupun pembebanan vertikal setelah diberikan protokol biomekanika pada fraktur ramus pubis anterior tikus Wistar.
2. Mengetahui nilai *stiffness* setelah penerapan protokol biomekanik pada fraktur ramus pubis anterior tikus Wistar pada pembebanan horizontal dan vertikal.
3. Mengetahui nilai dan distribusi kategori *strain* pada fraktur ramus pubis anterior tikus Wistar setelah penerapan protokol biomekanika pada pembebanan horizontal dan vertikal.
4. Mengetahui pengaruh arah pembebanan horizontal dan vertikal terhadap nilai delta *interfragmentary movement*.
5. Mengetahui pengaruh arah pembebanan horizontal dan vertikal terhadap nilai *stiffness*.
6. Mengetahui pengaruh arah pembebanan horizontal dan vertikal terhadap nilai *strain*.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Terhadap Peneliti

Penelitian ini menggunakan *Force gauge* untuk mengukur kestabilan fraktur secara kuantitatif. Pendekatan ini memperkuat keterampilan peneliti dalam merancang dan menerapkan instrumen eksperimen yang valid dan reliabel, serta dalam menginterpretasi data biomekanik secara objektif. Hal ini akan memperkaya wawasan peneliti dalam menyusun karya ilmiah dengan pendekatan kuantitatif berbasis alat ukur yang akurat.

1.4.2 Manfaat Terhadap Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi ilmiah mengenai fraktur panggul, khususnya fraktur ramus pubis anterior, sebagai salah satu cedera yang dapat menyebabkan keterbatasan aktivitas dan penurunan kualitas hidup. Dengan berkembangnya pemahaman ilmiah tentang mekanisme kestabilan fraktur panggul dari hasil penelitian ini, masyarakat diharapkan lebih menyadari pentingnya pencegahan cedera, penanganan dini, serta kepatuhan terhadap proses pengobatan

dan rehabilitasi apabila mengalami fraktur. Pada akhirnya, hal ini dapat berkontribusi dalam menurunkan risiko kecacatan jangka panjang akibat fraktur panggul.

1.4.3 Manfaat Terhadap Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang ortopedi dan biomekanik, melalui penyediaan data eksperimental mengenai stabilitas fraktur ramus pubis anterior. Penggunaan *Force gauge* sebagai alat ukur gaya tarik pada model hewan uji memberikan pendekatan kuantitatif yang objektif dalam menilai karakteristik kestabilan fraktur panggul. Hasil penelitian ini dapat memperkaya literatur ilmiah terkait pengujian biomekanik fraktur panggul serta menjadi dasar bagi penelitian lanjutan dalam pengembangan metode evaluasi dan penatalaksanaan fraktur panggul.

