

Case Report

FRAKTUR TERBUKA KOMINUTIF 1/3 DISTAL TIBIA DAN FIBULA SINISTRA GRADE GUSTILO-ANDERSON IIIA DAN AO/OTA 42-A1 DENGAN KOMPLIKASI DELAYED UNION: TINJAUAN KASUS

Lisa Jessica¹, Evita Zevanya¹, Sudharmadji²

Program Profesi Dokter, Fakultas Kedokteran Universitas Kristen Duta Wacana¹
Departemen Radiologi, Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta²

Email Corresponding:

zevanyaevita@gmail.com

Page : 49-57

Kata Kunci :

Fraktur terbuka, tibia, fibula, delayed union, ORIF

Keywords:

Open fracture, tibia, fibula

Article History:

Received: 08-03-2025

Revised: 02-05-2025

Accepted: 02-05-2025

Published by:

Tadulako University,
Managed by Faculty of Medicine.
Email: tadulakomedika@gmail.com
Address:
Jalan Soekarno Hatta Km. 9. City of
Palu, Central Sulawesi, Indonesia

ABSTRAK

Fraktur terbuka tibia merupakan fraktur tulang panjang dan terbuka yang paling sering terjadi dan cenderung bersifat serius. Kondisi ini sering diakibatkan oleh trauma berkecepatan tinggi, seperti kecelakaan lalu lintas terutama kecelakaan sepeda motor atau jatuh dari ketinggian. Menurut data Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, angka kecelakaan lalu lintas terus meningkat. Diperlukan penanganan yang cepat dan tepat pada kasus fraktur untuk meminimalisir terjadinya komplikasi yang akan meningkatkan morbiditas dan mortalitas. Fraktur terbuka kominutif pada tibia memerlukan waktu penyembuhan lebih lama dan lebih sering mengalami komplikasi *delayed union*. Penelitian ini menggunakan metode laporan kasus. Publikasi ini bertujuan menganalisa dan membahas kasus seorang wanita berusia 41 tahun dengan fraktur terbuka kominutif 1/3 distal tibia dan fibula sinistra *grade* Gustilo-Anderson IIIA dan AO/OTA 42-A1 akibat kecelakaan sepeda motor dan penanganannya dan dapat menjadi referensi ilmiah penanganan kasus fraktur.

ABSTRACT

Tibia open fracture is most common long bone and open fracture and tend to be serious case. This condition often caused by high-speed injury, such as traffic accident especially motorbike accident or falling from a height. Based on Indonesia Ministry of Transportation data, number of traffic accidents continues to increase. Fast and appropriate treatment is needed in fracture cases to minimize the occurrence of complications that will increase morbidity and mortality. Open comminutive tibia fracture need longer time of healing and more common cause delayed union complication. The method of this research is case report. The objective of this publication is to analyze and discuss a case of 41-years-old female with open comminutive fracture 1/3 distal of sinistra tibia and fibula with Gustilo-Anderson IIIA grade and AO/OTA 42-A1 caused by motorbike accident and its management and become scientific reference of fracture case management.

PENDAHULUAN

Fraktur terbuka merupakan kondisi medis serius di mana terjadi diskontinuitas tulang disertai dengan kerusakan pada jaringan lunak hingga kulit sehingga tulang terpapar ke lingkungan luar.¹ Kondisi ini seringkali diakibatkan oleh trauma berkecepatan tinggi, seperti kecelakaan lalu lintas terutama kecelakaan sepeda motor atau jatuh dari ketinggian.^{2,3,9} Menurut Kementerian Perhubungan Republik Indonesia sepanjang periode Januari 2022 hingga 13 September 2022, tercatat terjadi 94.617 kasus kecelakaan lalu lintas di Indonesia. Angka ini menunjukkan peningkatan sekitar 70.000 kasus atau 34.6% dibandingkan tahun 2021.⁴ Fraktur terbuka tibia merupakan fraktur terbuka yang paling sering terjadi pada tulang panjang dengan insidensi 3.4/100.000/tahun.² Insidensi fraktur tibia lebih tinggi pada laki-laki dibandingkan perempuan dan pada usia 30 – 40 tahun.⁵ Insidensi fraktur diafisis tibia sekitar 16.9/100.000/tahun. Tipe AO/OTA yang paling sering dijumpai ialah tipe 42-A1, yaitu 34% dari semua fraktur diafisis tibia.⁵

Secara anatomi, tulang tibia dan fibula merupakan tulang panjang yang membentuk struktur penyangga utama tungkai bawah. Tibia merupakan tulang yang lebih besar, terletak di bagian medial dan menyangga sebagian besar berat badan.^{2,6} Fibula terletak di bagian lateral dan berfungsi sebagai penunjang tibia. Kedua tulang ini dihubungkan oleh membran interosseous dan ligamen yang kuat. Secara neurovaskular, daerah tungkai bawah memiliki suplai darah yang kaya dari arteri tibialis anterior, tibialis posterior, dan peroneal³. Pembuluh darah ini memberikan nutrisi dan oksigen ke jaringan tulang, otot, dan kulit. Terdapat saraf penting seperti saraf tibialis, peroneal, dan saphenous yang menginervasi otot-otot, kulit, dan sendi di sekitar tibia dan fibula.⁷

Mekanisme cedera fraktur terbuka tibia dan fibula biasanya terjadi akibat trauma

dengan gaya yang cukup besar. Mekanisme cedera dapat berupa gaya langsung (benturan langsung pada tulang, seperti tertimpa benda berat) dan gaya tidak langsung (gaya yang ditransmisikan melalui tulang, seperti torsi atau rotasi)⁷.

Fraktur terbuka diklasifikasikan berdasarkan tingkat keparahan kerusakan jaringan lunak menggunakan sistem klasifikasi Gustilo-Anderson.⁸ Klasifikasi ini penting untuk menentukan penanganan awal dan prognosis. Pasien dengan fraktur terbuka umumnya menunjukkan keluhan nyeri hebat, deformitas, edema, dan jejas terbuka.⁹

Diagnosis fraktur ditegakkan berdasarkan anamnesis, pemeriksaan fisik, pemeriksaan laboratorium, dan pemeriksaan radiologi seperti foto X-Ray dan CT scan. Penanganan fraktur terbuka merupakan prosedur yang kompleks dan memerlukan penanganan segera. Tatalaksana fraktur terbuka secara umum, ialah stabilisasi, irigasi, *debridement*, fiksasi, tetanus toksoid, antibiotik, dan menutup luka.⁹ Berbagai komplikasi yang dapat diakibatkan oleh fraktur, meliputi gangguan neurovaskular, sindrom kompartemen, cedera nervus peroneus, infeksi, gangren, osteomyelitis, *delayed union*, *non-union*, *mal-union*, amputasi, artritis post-traumatik, emboli lemak, dan tromboemboli vena.¹⁰ Komplikasi *delayed union* lebih sering dijumpai pada fraktur tulang panjang, seperti fraktur tibia.²⁷

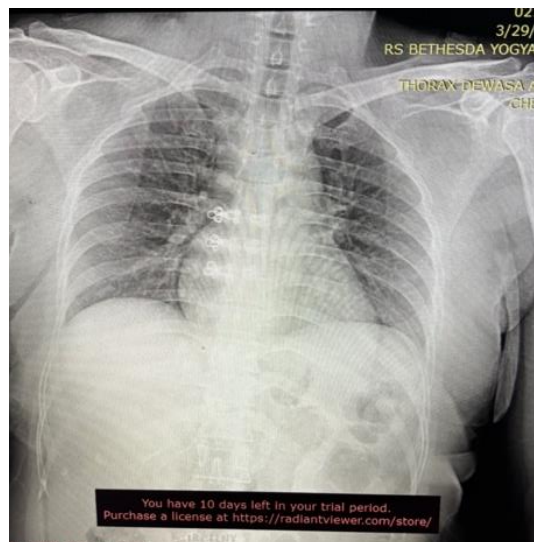
Publikasi ini bertujuan menganalisa dan membahas kasus seorang wanita berusia 41 tahun dengan fraktur terbuka kominitif 1/3 distal tibia dan fibula sinistra *grade* Gustilo-Anderson IIIA dan AO/OTA 42-A1 dengan komplikasi *delayed union* akibat kecelakaan sepeda motor dan penanganannya dan dapat menjadi referensi ilmiah penanganan kasus fraktur.

TINJAUAN KASUS

Seorang perempuan berusia 41 tahun datang ke IGD dengan keluhan luka terbuka pada betis kaki kiri setelah kecelakaan sepeda motor. Survei primer menunjukkan jalan nafas paten, pernafasan spontan dengan frekuensi 20x/menit, nadi teraba kuat dengan frekuensi nadi 83x/menit, tekanan darah 122/70 mmHg, suhu 36,5°C, saturasi oksigen 87%, kesadaran pasien dengan penilaian GCS yaitu E4V5M6, nyeri (+) dengan severitas 6. Survei primer menunjukkan kondisi pasien stabil.

Dari anamnesis didapati bahwa pasien jatuh dari sepeda motor sehingga menimbulkan luka pada betis kaki kiri disertai nyeri dan pusing. Pasien mengenakan *helm* ketika kecelakaan terjadi dan kaki kiri pasien terseret lalu tertimpa sepeda motor. Keluhan mual, muntah, dan pingsan disangkal. Pasien tidak memiliki riwayat serupa maupun penyakit metabolik sebelumnya. Riwayat konsumsi obat rutin dan alergi disangkal. Riwayat operasi sebelumnya disangkal.

Pada pemeriksaan fisik didapati pada kepala-leher, thorax, dan abdomen dalam batas normal. Pada status lokalis didapati luka robek berukuran sekitar 4 cm pada regio cruris sinistra, deformitas (+), perdarahan aktif (+), edema (+), arteri tibialis posterior teraba kuat, regular, dan simetris, bagian distal cruris teraba hangat, dan tidak pucat. Pemeriksaan ROM (*range of motion*) aktif terbatas karena nyeri. Pemeriksaan neurologis dalam batas normal. Pemeriksaan EKG didapati dalam batas normal.



Gambar 1. Hasil X-Ray Thorax



Gambar 2. Foto Radiologi X-Ray Polos Regio Cruris Sinistra AP / Lateral

Pasien selanjutnya menjalani pemeriksaan laboratorium. Pemeriksaan glukosa sesaat didapati hasil normal, yaitu 137 mg/dL (nilai normal 70 – 140 mg/dL). Pemeriksaan fungsi ginjal normal. Hasil pemeriksaan darah rutin menunjukkan nilai hemoglobin (11.4 g/dL; nilai normal 11.7 – 15.5), hematokrit (34.5%, nilai normal 35 – 49), dan eritrosit (3.79 juta/mm³, nilai normal 4.20 – 5.40 juta/mm³) dibawah nilai normal. Selain itu, dijumpai peningkatan nilai leukosit (14.38 ribu/mm³, nilai normal 4.5 – 11.5 ribu/mm³) dan neutrofil segment (82.7%, nilai normal 50 – 70%).

Hasil pemeriksaan radiologi X-Ray thorax AP menunjukkan tak tampak kelainan pada pulmo dan besar cor dalam batas normal

(**Gambar 1**). Hasil rontgen AP/lateral regio cruris sinistra menunjukkan garis fraktur pada 1/3 (tertia) distal tibia dan fibula sinistra dengan *soft tissue swelling*, disertai serpihan fragmen tulang di sekitar lokasi fraktur. Tampak diskontinuitas ditandai dengan lusensi pada *soft tissue* hingga jaringan kulit terluar, *facies articularis* licin, dan *joint space* tak melebar maupun menyempit (**Gambar 2**).

Dari hasil anamnesis dan pemeriksaan, pasien didiagnosis fraktur terbuka kominitif 1/3 distal tibia dan fibula sinistra *grade* Gustilo-Anderson IIIA dan AO/OTA 42-A1 dengan leukositosis. Terapi awal di IGD yang diberikan ialah infus Ringer Laktat intravena 20 tetes/menit, injeksi intravena Ketorolak 30 mg, injeksi Seftriakson 1 gram/12 jam, Tetragam, rawat luka, dan jahit luka sebanyak 5 jahitan untuk kontrol perdarahan. Pasien dirawat inap dan dirujuk ke dokter spesialis bedah ortopedi dan dilakukan *debridement*, reduksi terbuka dan fiksasi internal atau ORIF (*Open Reduction and Internal Reduction*). Operasi dilakukan dalam 24 jam setelah pasien datang ke IGD. Setelah kondisi pasien stabil, pasien dipulangkan setelah 5 hari dirawat di rumah sakit, dan mendapat obat pulang berupa Kalsium Laktat 2 x 500 mg dan Vitamin D3 1 x 5000 IU.

Selama rawat jalan, pasien mengeluhkan kaki kiri bengkak, terkadang kebas, dan kekakuan pada *ankle*. Selanjutnya, pasien memperoleh terapi rehabilitasi medik, berupa *stretching* ROM, latihan kekuatan, *ankle pumping*, elevasi, dan latihan *gait*. Pasien rutin ke dokter spesialis bedah ortopedi setiap bulan.

Tujuh bulan post-ORIF, pasien menjalani pemeriksaan radiologi ulang berupa X-Ray polos regio cruris sinistra (**Gambar 3**). Hasil pemeriksaan menunjukkan post-fraktur os tibia sinistra pars tertia distal dengan terpasang fiksasi interna berupa *plate and screw*, belum reunifikasi sempurna, masih tampak garis fraktur, callus (+). Apposisi, dan *alignment* cukup. Hasil ini menunjukkan pasien

mengalami *delayed union*. Karena belum terjadi reunifikasi sempurna, ORIF tetap dilanjutkan dan direncanakan evaluasi radiologis kembali.



Gambar 3. Foto X-Ray Polos Regio Cruris Sinistra 7 Bulan Post-ORIF

PEMBAHASAN

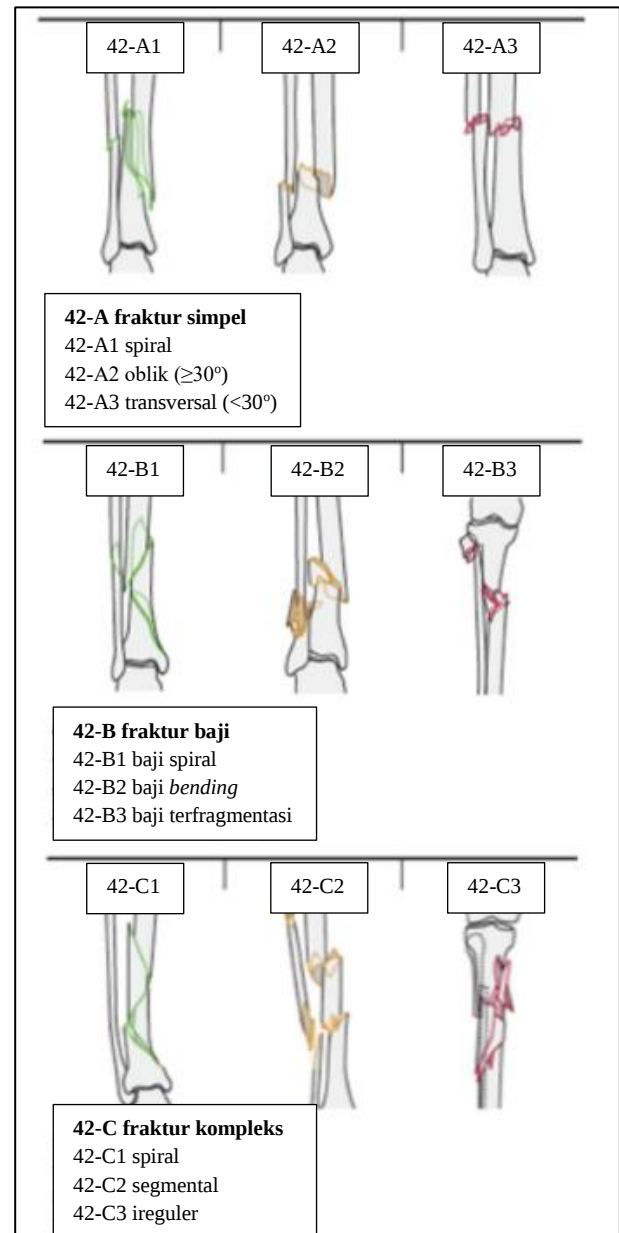
Pada kasus dengan diagnosis fraktur terbuka 1/3 distal tibia fibula (segmen diafisis) ini, pasien berjenis kelamin perempuan, berusia 41 tahun, dan disebabkan oleh kecelakaan lalu lintas. Penelitian yang dilakukan oleh Larsen et al (2015) mendapati rata-rata pasien yang mengalami fraktur berusia 38.5 tahun dan lebih banyak terjadi pada laki-laki (21.5/100.000/tahun) dibandingkan perempuan (12.3/100.000/tahun).⁵ Pada studi yang dilakukan oleh Wennergren et al (2018) pada *Swedish Fracture Register* mendapati insidensi fraktur tibia sebesar 51.7/100.000/tahun dan insidensinya turut meningkat pada wanita pada semua kelompok usia.¹¹ Mekanisme utama trauma yang menyebabkan fraktur tersebut ialah trauma berenergi tinggi dengan lebih dari 50% diakibatkan kecelakaan lalu lintas atau jatuh dari ketinggian.¹²

Fraktur terbuka diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi Gustilo-Anderson untuk

menentukan tatalaksana dan prognosis. Pada tipe I, didapati luka bersih berukuran <1 cm, pola fraktur simple, tidak ada atau jejas minimal jaringan lunak. Pada tipe II, laserasi berukuran >1 cm dan <10 cm, tanpa jejas jaringan lunak yang signifikan, kontaminasi luka *moderate*. Jika didapati fraktur terbuka segmental atau kominitif atau jejas jaringan lunak luas >10 cm, diklasifikasikan dalam tipe III. Tipe III diklasifikasikan lagi menjadi A, B, dan C. Pada tipe III A, *soft tissue coverage* masuk adekuat yang diakibatkan trauma berenergi tinggi, laserasi luas, atau *skin flaps*, kontaminasi massif. Jika *soft tissue coverage* tidak adekuat, terjadi pengupasan periosteal (*periosteal stripping*), atau kontaminasi sangat massif, maka diklasifikasikan dalam tipe III B. Jika sudah terjadi jejas vascular yang memerlukan tatalaksana segera untuk menyelamatkan ekstremitas, maka diklasifikasikan dalam tipe III C.¹³

Pada kasus ini, fraktur diklasifikasikan Gustilo-Anderson 3A karena didapati fraktur kominitif dengan *adequate soft tissue coverage*. Gustilo dan Anderson merekomendasikan irigasi dan *debridement* pada semua tipe fraktur terbuka, serta fiksasi pada tipe III dengan jejas jaringan lunak yang massif.¹⁴ Pada kasus ini, dilakukan *debridement* dan fiksasi interna. Semakin tinggi tipe fraktur, semakin buruk pula prognosisnya.¹⁴

Adapula sistem klasifikasi *Arbeitsgemeinschaft fur Osteosynthesefragen / Orthopaedic Trauma Association (AO/OTA)* yang menggunakan alfa-numerik untuk menggambarkan tulang yang mengalami fraktur, segmen, dan pola/kompleksitas fraktur. Klasifikasi AO/OTA pada fraktur diafisis tibia dapat dilihat pada **Gambar 4**.¹⁵ Pada kasus ini, berdasarkan hasil pemeriksaan radiologi tergolong dalam 42-A1, yang berarti fraktur pada tibia (kode 4), segmen diafisis (kode 2), dan pola spiral (kode A1). Tipe AO/OTA yang paling sering dijumpai ialah tipe 42-A1.⁵



Gambar 4. Klasifikasi AO/OTA pada fraktur diafisis tibia¹⁵

Fraktur terbuka memiliki risiko lebih tinggi untuk mengalami komplikasi seperti amputasi, osteomyelitis, dan non-union. Tatalaksana awal pasien diawali dengan survei primer berdasarkan protocol *Advanced Trauma Life Support (ATLS)*.¹⁶ Prinsip penanganan cedera muskuloskeletal adalah rekognisi (mengenal), reduksi (mengembalikan), *retaining* (mempertahankan), dan rehabilitasi.¹⁹ Tatalaksana fraktur terbuka secara umum, ialah stabilisasi, irigasi,

debridement, fiksasi, tetanus toksoid, antibiotik, dan menutup luka.⁹ Tatalaksana awal akan mempengaruhi *outcome* pasien.

Langkah awal yang penting ialah irigasi pada area luka. Irigasi luka bertujuan menyingkirkan debris dan meminimalisir kontaminasi. Cairan salin isotonic paling umum dan aman digunakan untuk irigasi karena bersifat non-toksik dan tidak merusak jaringan. Volume cairan irigasi berdasarkan klasifikasi Gustilo-Anderson tersaji pada **Tabel 1**.¹⁷ Pada kasus kontaminasi luas, *debridement* dilakukan dalam 12 hingga 24 jam pasca-trauma. Penundaan *debridement* dapat meningkatkan risiko infeksi.¹⁸

Tabel 1. Volume Cairan Irigasi pada Fraktur Terbuka¹⁷

Tipe	Volume Cairan Irigasi
I	3 L saline isotonic/air sulingan
II	6 L saline isotonic/air sulingan
III	9 L saline isotonic/air sulingan

Pada kasus fraktur yang tidak memerlukan tindakan operatif, imobilisasi dapat dilakukan dengan pembidaian atau *gips* yang diawali atau tidak dengan reduksi tertutup, maupun traksi. Sedangkan, pada kasus yang lebih berat, perlu dilakukan fiksasi eksternal (OREF) atau fiksasi internal (ORIF).¹⁹ Indikasi ORIF meliputi tatalaksana non-operatif gagal, fraktur tidak stabil, *displacement* intra-artikular > 2 mm, riwayat penyembuhan fraktur buruk, fraktur avulsi besar yang mengganggu fungsi otot, tendon, atau ligamen, fraktur patologis, trauma multipel, fraktur terbuka tidak stabil, tipe II/III, dan *non-union* atau *malunion*.^{20,21} Kontraindikasi ORIF ialah infeksi aktif lokal, sistemik, osteomyelitis, dan jaringan lunak tidak adekuat. Jika jaringan lunak yang tidak adekuat, OREF dapat dilakukan.²¹ Pada kasus ini dilakukan ORIF karena fraktur tidak stabil dan jaringan lunak masih adekuat.

Staphylococcus aureus dan *Staphylococcus* koagulase-negatif merupakan mikroorganisme yang paling sering mengakibatkan infeksi pada fraktur terbuka.¹⁶ Berdasarkan Panduan Praktik Klinis Bagi Dokter di Fasilitas Pelayanan Kesehatan Tingkat Pertama tahun 2022, antibiotik dianggap efektif mencegah infeksi pada fraktur terbuka. Antibiotik yang direkomendasikan ialah golongan Sefalosporin dan dapat dikombinasi dengan golongan Aminoglikosida.²²

Antibiotik perlu diberikan secepatnya pada kasus fraktur terbuka. Alternatif untuk Cephazolin ialah Seftriakson 1 gram/24 jam, Cefaleksin 500 mg qid + Siprofloksasin 750mg bid PO, Eritromisin 500 mg qid PO, atau Amoxicilin 500 mg tid PO. Jika alergi terhadap Penisilin atau Sefalosporin, dapat diberikan Klindamisin 900 mg IV tiap 8 jam atau 450 mg tiap 6 jam PO. Dosis Aminoglikosida perlu disesuaikan pada pasien dengan gangguan fungsi ginjal. Pada pasien yang tidak mendapat imunisasi tetanus dalam 5 tahun terakhir, diberikan injeksi tetanus toksoid. Jika pasien belum pernah diimunisasi tetanus, maka ditambahkan tetanus immunoglobulin.¹⁶

Tahap penyembuhan fraktur meliputi inflamasi, *repair*, dan *remodeling*. Inflamasi ditandai dengan edema dan membutuhkan waktu jam hingga hari. Proses *repair* ditandai dengan kalus dan membutuhkan waktu hari hingga minggu. Proses *remodeling* membutuhkan waktu bulan hingga tahun.²³ Untuk mengestimasi waktu penyembuhan fraktur tulang, dapat digunakan klasifikasi Perkin's (**Tabel 2**).²⁴

Tabel 2. Klasifikasi Perkin's²⁴

Klasifikasi Perkin's	Spiral		Transversal	
	<i>Union</i>	<i>Consolidation</i>	<i>Union</i>	<i>Consolidation</i>
Ekstremitas atas	3	6	6	12
Ekstremitas bawah	6	12	12	24

Catatan : Dalam minggu, pada anak-anak dibagi 2

Lebih dari 10% pasien dengan fraktur tulang panjang mengalami komplikasi berupa *delayed union* dan *non-union*.²⁵ *Delayed union* merupakan terjadinya unifikasi tulang yang melebihi waktu yang seharusnya atau tidak dijumpai progresivitas berdasarkan pemeriksaan radiologis setelah 3 bulan cedera.^{25,26} Pada komplikasi ini, diperlukan evaluasi berkala, terapi non-invasif seperti stimulasi elektromagnetik, dan mungkin membutuhkan tindakan operasi.²⁵ Sedangkan *non-union* didefinisikan sebagai tidak terjadinya unifikasi sama sekali selama minimal 9 bulan pasca cedera atau kegagalan progresivitas dalam 3 bulan terakhir dan paling sering terjadi pada fraktur tulang panjang, seperti humerus, radialis, ulna, klavikula, tibia, dan femur. Pada kasus *non-union*, re-intervensi mungkin diperlukan.^{25,27}

Ada berbagai faktor sistemik dan lokal yang dapat mengganggu proses unifikasi tulang. Faktor penyebab sistemik, meliputi: deficit nutrisi, merokok, diabetes melitus, obat anti-inflamasi, opioid, kemoterapi, anti-koagulan, benzodiazepine, defisiensi vitamin D, alkohol, peningkatan BMI (*body mass index*), jenis kelamin laki-laki, osteoporosis, penyakit vascular perifer, penyakit inflamasi kronik, insufisiensi renal, dan usia lanjut. Faktor penyebab lokal, meliputi: infeksi, insufisiensi vascular, reduksi inadkuat, fraktur terbuka, fraktur kominutif, sindrom kompartemen, dan fraktur pada tibia.²⁸⁻³¹

Pada kasus ini, pasien mengalami fraktur dengan pola spiral pada ekstremitas bawah. Perkiraan unifikasi tulang berdasarkan klasifikasi Perkin's ialah 6 minggu. Pada pasien, unifikasi belum terjadi sempurna hingga 7 bulan post-ORIF, sehingga pasien dapat dikatakan mengalami *delayed union*. Unifikasi membutuhkan waktu lebih lama karena kasus ini merupakan fraktur terbuka, terjadi pada tibia, dan kominutif.

KESIMPULAN

Fraktur terbuka tibia dan fibula merupakan jenis fraktur yang sering terjadi dan dapat mengakibatkan komplikasi yang serius. Penanganan yang tepat dan cepat akan meningkatkan prognosis dan menurunkan kemungkinan terjadinya komplikasi. Pada kasus fraktur tidak stabil dan jaringan lunak masih adekuat dengan kontaminasi, ORIF dapat dilakukan diikuti dengan pemberian antibiotic yang sesuai. Pada kasus fraktur terbuka, kominutif, dan terjadi pada tibia, proses unifikasi tulang dapat terjadi lebih lama dan lebih sering mengalami komplikasi *delayed union*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak Departemen Bedah dan Radiologi Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta, serta Universitas Kristen Duta Wacana yang telah membandtu dan memberi kesempatan untuk mempublikasikan tinjauan kasus ini. Kami juga sangat berterima kasih pada pasien dan keluarga karena bersedia menjadi narasumber pada laporan kasus ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. DeCamp CE, Johnston SA, Déjardin LM, Schaefer SL. Fractures of the tibia and fibula. Dalam: Brinker, Piermattei and Flo's Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair. Elsevier; 2016. Dikutip 07 Maret 2025, hlm. 670–706.
2. Elniel AR, Giannoudis PV. Open fractures of the lower extremity: Current management and clinical outcomes. EFORT Open Rev. 2018 May;3(5):316-325.
3. Thompson JH, Koutsogiannis P, Jahangir A. Tibia Fractures Overview. [Updated 2023 Jul 31]. In: StatPearls [Internet].

- Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-.
4. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. Tekan Angka Kecelakaan Lalu Lintas, Kemenhub Ajak Masyarakat Beralih ke Transportasi Umum dan Utamakan Keselamatan Berkendara. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia; 2023 [Internet]. Dikutip 07 Maret 2025. Tersedia pada: <https://dephub.go.id/post/read/%E2%80%8Btekan-angka-kecelakaan-lalu-lintas,-kemenhub-ajak-masyarakat-beralih-ke-transportasi-umum-dan-utamakan-keselamatan-berkendara>
5. Larsen P, Elsoe R, Hansen SH, Graven-Nielsen T, Laessoe U, Rasmussen S. Incidence and Epidemiology of Tibial Shaft Fractures. *Injury*. 2015 Apr;46(4):746-50.
6. Santos AL, Nitta CT, Boni G, Sanchez GT, Tamaoki MJS, Reis FBD. Evaluation And Comparison Of Open And Closed Tibia Shaft Fractures In A Quaternary Reference Center. *Acta Ortop Bras*. 2018 May-Jun;26(3):194-197.
7. Song P, Pu LLQ. The Soleus Muscle Flap: An Overview of Its Clinical Applications for Lower Extremity Reconstruction. *Ann Plast Surg*. 2018 Dec;81(6S Suppl 1):S109-S116.
8. Kim PH, Leopold SS. In brief: Gustilo-Anderson classification. [corrected] [published correction appears in *Clin Orthop Relat Res*. 2012 Dec;470(12):3624] [published correction appears in *Clin Orthop Relat Res*. 2019 Oct;477(10):2388.
9. Schmidt, A. H., Finkemeier, C. G., & Tornetta, P., 3rd (2003). Treatment of closed tibial fractures. *Instructional course lectures*, 52, 607–622.
10. Dangers JE. Tibia and Fibula Fracture Management in the ED Clinical Presentation. *MedScape*, 2022 [Internet]. Dikutip 07 Maret 2025. Tersedia pada: <https://emedicine.medscape.com/article/826304-clinical>
11. Wennergren D, Bergdahl C, Ekelund J, Juto H, Sundfeldt M, Moller M. Epidemiology and Incidence of Tibia Fracture in Swedish Fracture Register. *Injury Journal*, 2018, 49(11): 2068 – 74.
12. Elniel AR, Giannoudis PV. Open fractures of the lower extremity: Current management and clinical outcomes. *EFORT Open Rev*. 2018;3(5):316-325. Published 2018 May 21.
13. Endres T, Danielson K, O’Neil S, Brandenburg S, Hall T, Ross H. Implementation of an Antibiotic Therapy Protocol for Open Fractures in the Emergency Department. *SMRJ*. 2018;3(2).
14. Kim PH, Leopold SS. In brief: Gustilo-Anderson classification. [corrected] [published correction appears in *Clin Orthop Relat Res*. 2012 Dec;470(12):3624] [published correction appears in *Clin Orthop Relat Res*. 2019 Oct;477(10):2388.
15. Rudge W, Newman K, Trompeter A. Fractures of the Tibial Shaft in Adults. *Orthopedics and Trauma*, 2014, 28(4): 243-255.
16. Quinn RH, Macias DJ. The Management of Open Fractures. *Wilderness & Environmental Medicine*. 2006;17(1):41-48.
17. Olufemi OT, Adeyeye AI. Irrigation solutions in open fractures of the lower extremities: evaluation of isotonic saline and distilled water. *SICOT J*. 2017;3:7.
18. Powell-Bown MFR, Keating JF. Timing of debridement: When to do it, and who should perform it?. *Injury*, 2024, 55(6), 111604.

19. Helmi ZN. Buku Ajar GANGGUAN MUSKULOSKELETAL. Jakarta: Salemba Medika. 2011. p411-55.
20. Nayagam S. Principles of Fractures. In: Apley's System of Orthopaedics and Fractures. 9th ed. London: Hodder Arnold; 2010. p. 688–732.
21. Buckley R. General Principles of Fracture Care Treatment & Management. [Internet] Medscape, 2018. Dikutip 07 Maret 2025. Tersedia pada: <https://emedicine.medscape.com/article/1270717-treatment>
22. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/1186/2022 Tentang Panduan Praktik Klinis Bagi Dokter di Fasilitas Pelayanan Kesehatan Tingkat Pertama.
23. Lafuente-Gracia L, Borgiani E, Nasello G and Geris L (2021) Towards in silico Models of the Inflammatory Response in Bone Fracture Healing. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 9:703725.
24. Lumpur K. Machine Learning Technique in Application and Comparison in Pediatric Fracture Healing Time Kedija Faculty of Science University of Malaya. [Internet], 2018. Dikutip pada 08 Maret 2024. Tersedia dari: <https://www.semanticscholar.org/paper/MACHINE-LEARNING-TECHNIQUE-IN-APPLICATION-AND-IN-OF-Lumpur./95496e4e579f1ae0e92f82a32210ac6076e5077f>
25. Ryskalin L, Fulceri F, Morucci G, Dell'Agli S, Soldani P, Gesi M. Treatment of delayed union of the forearm with extracorporeal shockwave therapy: a case report and literature review. *Front. Endocrinol*, 2023; 14:1286480.
26. Rante SDT, Koamesah SMJ, Pakan P, Folamauk CLH. Determinants of fracture patients in nonunion or delayed union. *Bali Medical Journal*, 2023; 12(2): 1769-1773.
27. Nicholson JA, Makaram N, Simpson AHRW, Keating JF. Fracture nonunion in long bones: A literature review of risk factors and surgical management. *Injury*, 2021; 52S2; S3–S11.
28. Aldemir C, Duygun F. Outcome of locked compressive nailing in aseptic tibial diaphyseal nonunions without bone defect. *Indian J Orthop* 2019;53:251–256. 5.
29. Kohlprath R, Assal M, Uçkay I, Holzer N, Hoffmeyer P, Suva D. Open fractures of the tibia in the adult: surgical treatment and complications. *Rev Med Suisse* 2011;7:2482, 2484–2488.
30. Andrzejowski P, Giannoudis PV. The 'diamond concept' for long bone non-union management. *J Orthop Traumatol* 2019;20:21.
31. Galvez-Sirvent E, Ibarzabal-Gi; A, Rodriguez-Merchan EC. Treatment options for aseptic tibial diaphyseal nonunion: A review of selected studies. *EFORT Open Rev* 2020;5:835-844.