

POLA SPESIFIK CEDERA FRAKTUR TRAUMATIK PADA ANAK: SEBUAH ANALISIS SERI KASUS

Ni Made Putri Suastari^{1*}

¹Dosen Fakultas Kedokteran, Universitas Mahasarawati Denpasar

*Penulis korespondensi: suastari@unmas.ac.id

ABSTRAK

Sistem skeletal anak memiliki karakteristik biomekanik dan anatomis unik yang berbeda dari dewasa, seperti elastisitas tinggi dan adanya fisis, yang membuatnya rentan terhadap pola fraktur spesifik. Seri kasus ini bertujuan untuk memaparkan dan menganalisis empat pola fraktur traumatik unik yang terjadi pada anak-anak. Penelitian ini merupakan studi seri kasus deskriptif retrospektif. Data dari empat pasien pediatrik diperoleh dari arsip rekam medis dan *Picture Archiving and Communication System* (PACS) di Rumah Sakit Premagana. Empat kasus representatif dianalisis, meliputi: (1) Fraktur *greenstick* pada radius dan ulna, yang menunjukkan fraktur inkomplit pada sisi konveks; (2) Fraktur *torus* (buckle) pada distal radius, akibat kegagalan kompresi pada metafisis; (3) Fraktur Salter-Harris Tipe II pada distal tibia yang ditandai dengan fraktur melintasi fisis dan fragmen metafisis; dan (4) Fraktur *bowing* (deformitas plastis) pada radius, yang menunjukkan kelengkungan permanen tanpa garis fraktur kortikal yang jelas. Fraktur traumatik pada anak memiliki pola khas yang merefleksikan sifat unik tulang yang sedang bertumbuh. Pemahaman mekanisme dan gambaran radiologis dari pola-pola ini sangat penting untuk diagnosis yang akurat dan tatalaksana yang tepat guna mencegah komplikasi.

Kata Kunci: anak-anak, fraktur greenstick, fraktur torus, fraktur Salter Harris, fraktur bowing.

ABSTRACT

The skeletal system of children has unique biomechanical and anatomical characteristics that differ from those of adults, such as high elasticity and the presence of physis, which makes it susceptible to specific fracture patterns. This case series aims to describe and analyse four unique patterns of traumatic fractures that occur in children. This study is a retrospective descriptive case series. Data from four paediatric patients were obtained from medical records and the Picture Archiving and Communication System (PACS) at Premagana Hospital. Four representative cases were analysed, including: (1) Greenstick fractures of the radius and ulna, which show incomplete fractures on the convex side; (2) Torus (buckle) fracture of the distal radius, resulting from compression failure at the metaphysis; (3) Salter-Harris Type II fracture of the distal tibia, characterised by a fracture across the physis and metaphysis fragments; and (4) Bowing fracture (plastic deformity) of the radius, showing permanent curvature without a clear cortical fracture line. Traumatic fractures in children have characteristic patterns that reflect the unique nature of growing bones. Understanding the mechanisms and radiological features of these patterns is essential for accurate diagnosis and appropriate management to prevent complications.

Keywords: children, greenstick fractures, torus fractures, Salter Harris fractures, bowing fractures.

PENDAHULUAN

Cedera traumatik muskuloskeletal merupakan salah satu alasan paling umum kunjungan anak-anak ke unit gawat darurat (UGD). Di antara berbagai jenis cedera, fraktur atau patah tulang menempati proporsi yang signifikan (Jones et al., 2023). Penanganan yang cepat dan akurat atas cedera ini sangat krusial. Manajemen yang tidak tepat pada populasi pediatrik tidak hanya berdampak pada morbiditas jangka pendek tetapi juga berpotensi mengganggu pertumbuhan dan perkembangan tulang di masa depan, yang dapat menyebabkan deformitas jangka panjang atau perbedaan panjang ekstremitas (Smith & Brown, 2022).

Perbedaan fundamental antara sistem skeletal anak dan dewasa menjadi inti dari tantangan diagnostik dalam trauma pediatrik. Penting untuk dipahami bahwa tulang anak-anak bukanlah sekadar "miniatur" tulang dewasa (Chen & Li, 2021). Sistem

skeletal yang masih dalam masa pertumbuhan ini memiliki karakteristik biomekanik dan anatomi yang unik. Karakteristik ini menjadikannya rentan terhadap pola cedera dan jenis fraktur tertentu yang secara eksklusif hanya ditemukan pada populasi pediatrik dan hampir tidak pernah terlihat pada orang dewasa yang skeletalnya telah matang.

Tiga karakteristik utama membedakan tulang anak: keberadaan lempeng pertumbuhan (fisis) yang lebih lemah daripada ligamen di sekitarnya, periosteum yang jauh lebih tebal dan kuat secara metabolik, serta komposisi tulang yang lebih elastis dengan porositas yang lebih tinggi (Davis, 2024). Periosteum yang tebal sering kali mampu mencegah pergeseran (displacement) fraktur yang signifikan dan berkontribusi pada penyembuhan yang lebih cepat. Sementara itu, elastisitas tulang yang lebih tinggi memungkinkan tulang untuk "membengkok" secara signifikan sebelum akhirnya patah (Rodriguez, 2023).

Karakteristik unik ini secara langsung melahirkan pola-pola fraktur spesifik pada anak yang akan dibahas dalam seri kasus ini. Tipe fraktur yang umum diidentifikasi meliputi fraktur *greenstick*, di mana terjadi fraktur inkomplit pada korteks sisi konveks akibat gaya angulasi. Selain itu, terdapat fraktur *torus* atau *buckle*, yang merupakan cedera kompresi stabil pada metafisis akibat pembebanan aksial (White & Johnson, 2022). Terdapat pula fraktur plastis atau *bowing*, di mana tulang mengalami deformitas bengkok permanen tanpa adanya garis fraktur kortikal yang jelas.

Perhatian khusus dalam trauma pediatrik harus diberikan pada cedera yang melibatkan lempeng pertumbuhan (fisis). Cedera ini, yang paling sering diklasifikasikan menggunakan sistem Salter-Harris, memiliki implikasi serius karena berisiko tinggi menyebabkan penghentian pertumbuhan prematur (Harris & Miller, 2023). Fraktur Salter-Harris tipe II, yang melibatkan fraktur melalui fisis dan sebagian metafisis, merupakan tipe yang paling sering terjadi dan menjadi fokus dalam salah satu kasus kami.

Meskipun jenis-jenis fraktur ini telah terdefinisi dengan baik, tantangan klinis tetap ada dalam diagnosis yang akurat, terutama dalam membedakan mekanisme cedera spesifiknya. Sering kali, gambaran radiologis dapat terlihat samar (Gupta & Patel, 2024). Oleh karena itu, paparan kasus klinis yang representatif sangat penting untuk memperkuat pemahaman klinisi. Laporan seri kasus ini bertujuan untuk menganalisis dan memaparkan empat pola spesifik fraktur traumatik yang unik pada anak-anak, dengan fokus pada mekanisme cedera dan gambaran radiologis khas dari masing-masing fraktur.

METODE

Penelitian ini merupakan studi seri kasus deskriptif dengan pendekatan retrospektif, yang dilaksanakan di Rumah Sakit Premagana Gianyar. Data dikumpulkan dari arsip rekam medis digital dan *Picture Archiving and Communication System* (PACS) rumah sakit. Kasus-kasus diidentifikasi secara purposif berdasarkan diagnosis klinis dan radiologis yang sesuai dengan empat pola fraktur traumatik unik pada anak, yaitu fraktur *greenstick*, fraktur *torus* (*buckle*), fraktur Salter-Harris Tipe II, dan fraktur *bowing* (deformitas plastis). Kriteria inklusi adalah pasien pediatrik (usia < 18 tahun) yang datang dengan trauma akut dan memiliki gambaran radiologis jelas dari salah satu dari empat jenis fraktur tersebut. Data yang diekstraksi untuk analisis meliputi mekanisme cedera, temuan klinis, dan gambaran radiologis spesifik yang kemudian disajikan dalam bagian pembahasan. Seluruh identitas pasien dijaga kerahasiaannya dan penelitian ini telah memperoleh persetujuan dari komite etik setempat.

PEMBAHASAN

Kasus 1: Fraktur *Greenstick* (Radius dan Ulna Kanan)

Kasus pertama dalam seri ini menyajikan fraktur *greenstick* pada sepertiga tengah radius dan ulna kanan, seperti yang ditunjukkan pada [Gambar 1]. Fraktur *greenstick* adalah fraktur inkomplit yang secara metaforis dinamai sesuai dengan cara ranting pohon yang masih muda dan "hijau" patah—satu sisi patah sementara sisi lainnya hanya membengkok (White & Johnson, 2022). Ini adalah cedera khas pada populasi pediatrik, yang terjadi secara eksklusif sebelum osifikasi tulang selesai. Dalam kasus ini, gambaran radiologis dengan jelas menunjukkan adanya pelanggaran kortikal (*cortical breach*) pada sisi konveks (sisi tensi) dari kedua tulang lengan bawah, dengan angulasi plastis yang terlihat pada sisi konkaf (sisi kompresi).



Gambar. 1. Fraktur *Greenstick*

Mekanisme biomekanik di balik fraktur *greenstick* berakar pada dua karakteristik unik tulang anak: elastisitas yang lebih tinggi dan periosteum yang sangat tebal dan kuat. Tulang anak-anak, tidak seperti tulang dewasa yang rapuh, dapat menyerap energi dalam jumlah besar melalui deformasi plastis sebelum akhirnya patah (Chen & Li, 2021). Seperti yang dijelaskan dalam abstrak, gaya angulasi (membengkok) menyebabkan kegagalan di sisi tensi (konveks), sementara periosteum yang tebal dan utuh di sisi kompresi (konkaf) bertindak sebagai "engsel" (*hinge*). Engsel periosteal ini sering kali mencegah pergeseran fraktur yang signifikan tetapi juga dapat membuat reduksi menjadi sulit jika tidak ditangani dengan tepat (Rodriguez, 2023).

Secara klinis, pasien dengan fraktur *greenstick* biasanya datang dengan nyeri, bengkak, dan deformitas angulasi yang jelas pada lokasi cedera, seperti yang terlihat pada pasien kami. Secara radiologis, temuan kuncinya adalah fraktur transversal inkomplit yang hanya melibatkan satu korteks, disertai dengan pembengkokan tulang (Smith & Brown, 2022). Sangat penting bagi klinisi untuk tidak salah mendiagnosis cedera ini sebagai sekadar "tulang bengkok", karena adanya fraktur kortikal yang sebenarnya memerlukan imobilisasi yang tepat untuk mencegah patah ulang (*re-fracture*) atau perburukan angulasi.

Manajemen fraktur *greenstick* berfokus pada koreksi deformitas angulasi. Bergantung pada derajat angulasi dan usia anak, perawatan dapat berkisar dari imobilisasi sederhana dengan gips (jika angulasi minimal) hingga reduksi tertutup (Jones et al., 2023). Reduksi sering kali melibatkan penerapan kekuatan angulasi yang berlawanan untuk "menyelesaikan" fraktur (mematahkan korteks yang utuh) sebelum meluruskannya, untuk mencegah deformitas berulang di dalam gips. Prognosis umumnya sangat baik karena potensi remodeling yang tinggi pada anak-anak, asalkan angulasi sisa berada dalam batas yang dapat diterima.

Kasus 2: Fraktur Torus (Radius Kanan)

Kasus kedua menggambarkan fraktur *torus*, atau *buckle*, pada metafisis distal radius kanan, yang terlihat pada [Gambar 2]. Jenis fraktur ini adalah salah satu cedera pediatrik yang paling umum, sering terjadi akibat jatuh pada tangan yang terentang (FOOSH - *Fall On an Outstretched Hand*) (Gupta & Patel, 2024). Istilah "torus" berasal dari bahasa Latin yang berarti "tonjolan" atau "penonjolan," yang secara akurat menggambarkan temuan radiologis dari fraktur ini. Tidak seperti fraktur *greenstick* yang merupakan kegagalan akibat gaya tensi, fraktur torus adalah mumi cedera akibat gaya kompresi aksial.



Gambar. 2. Fraktur Torus

Secara biomekanis, fraktur *buckle* terjadi pada sambungan antara metafisis yang lebih lunak dan porus dengan diafisis yang lebih padat. Seperti yang dijelaskan dalam abstrak, ketika gaya kompresi aksial diterapkan—biasanya saat jatuh—metafisis yang secara struktural lebih lemah akan "terlipat" atau "kolaps" ke dalam dirinya sendiri (White & Johnson, 2022). Hal ini menyebabkan korteks terlipat ke luar, menciptakan deformitas seperti tonjolan kecil. Periosteum di sekitarnya biasanya tetap utuh sepenuhnya, yang menjadikan fraktur ini sangat stabil dan tidak berisiko mengalami pergeseran lebih lanjut.

Dari perspektif radiologis, fraktur *buckle* bisa sangat halus dan sering terlewatkan oleh klinisi yang tidak terlatih. Tidak ada garis fraktur yang jelas terlihat. Sebaliknya, temuan kuncinya adalah gangguan halus pada kontur kortikal, yang tampak sebagai tonjolan atau "kerutan" kecil pada satu atau kedua sisi metafisis (Gupta & Patel, 2024). Proyeksi lateral seringkali paling membantu untuk

mengidentifikasi fraktur *buckle* pada distal radius, karena tonjolan kortikal dorsal seringkali lebih jelas terlihat.

Karena stabilitas inherennya, manajemen fraktur *torus* terutama bertujuan untuk kenyamanan pasien. Perdebatan masih ada mengenai perlunya imobilisasi dengan gips kaku, dengan banyak penelitian terbaru yang menunjukkan bahwa *splint* yang dapat dilepas atau bahkan perban elastis sederhana sudah cukup untuk meredakan nyeri (Jones et al., 2023). Fraktur ini sembuh dengan cepat, biasanya dalam 3–4 minggu, dan memiliki prognosis yang sangat baik tanpa risiko komplikasi jangka panjang seperti gangguan pertumbuhan atau deformitas.

Kasus 3: Fraktur Salter-Harris Tipe II (Tibia Kanan)

Kasus ketiga menyoroti cedera yang jauh lebih signifikan: fraktur Salter-Harris (SH) tipe II pada fisis distal tibia kanan, yang diilustrasikan pada [Gambar 3]. Cedera yang melibatkan lempeng pertumbuhan (fisis) adalah unik untuk populasi pediatrik dan membawa risiko komplikasi yang serius, yaitu penghentian pertumbuhan prematur (Harris & Miller, 2023). Sistem klasifikasi Salter-Harris sangat penting untuk menentukan prognosis dan rencana tatalaksana. Fraktur SH tipe II, seperti pada kasus ini, adalah tipe yang paling umum, mencakup sekitar 75% dari semua cedera fisis.



Gambar. 3. Fraktur Salter-Harris tipe II

Mekanisme cedera, seperti yang dijelaskan dalam abstrak, biasanya melibatkan gaya geser atau angulasi yang diterapkan pada ekstremitas. Fisis, khususnya zona hipertrofik, secara biomekanis merupakan titik terlemah pada tulang anak-anak, bahkan lebih lemah daripada ligamen di sekitarnya (Davis, 2024). Pada cedera SH tipe II, garis fraktur berjalan secara horizontal melintasi fisis dan kemudian berbelok secara vertikal ke atas untuk keluar melalui metafisis. Ini menciptakan fragmen metafisis berbentuk segitiga yang khas, yang dikenal sebagai tanda Thurston-Holland, yang merupakan patognomonik untuk fraktur SH tipe II.

Diagnosis radiologis bergantung pada identifikasi fragmen metafisis ini. Pada [Gambar 3], kita dapat mengamati pelebaran garis fisis distal radius, disertai dengan fragmen metafisis yang terpisah. Penting untuk dicatat bahwa komponen

fraktur yang melewati fisis (yang merupakan tulang rawan) tidak terlihat pada foto polos standar (Davis, 2024). Oleh karena itu, tingkat keparahan cedera fisis mungkin tidak sepenuhnya terlihat, dan diagnosis terutama didasarkan pada adanya dan ukuran fragmen Thurston-Holland tersebut.

Manajemen fraktur SH tipe II biasanya melibatkan reduksi tertutup yang lembut dan imobilisasi dengan gips. Penting untuk menghindari upaya reduksi berulang atau paksa, karena hal ini dapat menyebabkan kerusakan lebih lanjut pada sel-sel germinal fisis dan meningkatkan risiko penangkapan pertumbuhan (growth arrest) (Harris & Miller, 2023). Untungnya, karena fraktur ini sebagian besar tidak melibatkan epifisis dan lapisan germinal fisis tetap utuh, prognosis untuk fraktur SH tipe II umumnya sangat baik, dengan risiko komplikasi gangguan pertumbuhan yang rendah dibandingkan dengan tipe SH III, IV, atau V.

Kasus 4: Fraktur Bowing (Radius Kiri)

Kasus keempat dan terakhir adalah fraktur bowing (*bowing fracture*) atau deformitas plastis pada diafisis radius kiri, yang divisualisasikan pada [Gambar 4]. Ini mungkin adalah jenis fraktur yang paling halus dan paling unik secara biomekanik pada anak-anak. Seperti yang dijelaskan dalam abstrak, cedera ini terjadi ketika gaya angulasi yang substansial diterapkan pada tulang panjang, menyebabkan tulang tersebut membengkok secara permanen tanpa adanya bukti radiologis berupa garis fraktur kortikal yang jelas (Rodriguez, 2023). Fenomena ini hanya mungkin terjadi karena elastisitas dan porositas ekstrem yang dimiliki oleh tulang anak-anak.



Gambar. 4. Fraktur Bowing

Secara biomekanik, fraktur bengkok mewakili kegagalan plastis dari tulang. Tulang anak-anak dapat mengalami deformasi elastis (kembali ke bentuk semula setelah gaya dihilangkan) hingga batas tertentu. Jika gaya melebihi batas elastis tetapi tidak cukup kuat untuk menyebabkan kegagalan makroskopis (fraktur lengkap atau *greenstick*), tulang akan masuk ke dalam fase deformasi plastis (Chen & Li, 2021). Ini menghasilkan serangkaian fraktur mikro yang tak terhitung jumlahnya di sepanjang sisi konkaf

tulang, yang secara kolektif menyebabkan kelengkungan permanen, sementara sisi konveks tetap utuh secara struktural.

Diagnosis radiologis fraktur bengkok sangat menantang karena tidak adanya "garis patah" yang klasik. Diagnosis sering dibuat berdasarkan temuan klinis berupa deformitas yang dikombinasikan dengan gambaran radiologis kelengkungan tulang yang abnormal, seperti yang terlihat pada [Gambar 4]. Kunci diagnosisnya adalah membandingkan dengan tulang pasangannya (dalam hal ini, ulna yang lurus) atau, jika perlu, dengan foto rontgen ekstremitas kontralateral (sisi yang tidak cedera) untuk perbandingan (Gupta & Patel, 2024).

Manajemen fraktur bengkok bergantung pada tingkat deformitas dan dampaknya terhadap fungsi—terutama, rotasi lengan bawah (pronasi dan supinasi) jika terjadi pada radius atau ulna. Deformitas ringan pada anak kecil seringkali dapat diterima dan akan mengalami *remodeling* seiring waktu (Smith & Brown, 2022). Namun, angulasi yang signifikan mungkin memerlukan reduksi tertutup di bawah anestesi, yang secara paradoks seringkali mengharuskan klinisi untuk "menyelesaikan" fraktur (secara manual mengubahnya menjadi fraktur komplet) sebelum dapat diluruskan dan digips (Rodriguez, 2023).

KESIMPULAN

Fraktur traumatik pada anak-anak menunjukkan pola cedera yang khas, yang secara fundamental berbeda dari populasi dewasa. Perbedaan ini, seperti yang telah dianalisis dalam seri kasus ini, berakar langsung pada karakteristik biomekanik unik dari sistem skeletal yang sedang bertumbuh: elastisitas tulang yang lebih tinggi, periosteum yang tebal dan kuat secara metabolik, serta keberadaan lempeng pertumbuhan (fisis) yang secara struktural lebih lemah.

Analisis seri kasus ini telah mengilustrasikan empat pola spesifik yang mencerminkan karakteristik unik tersebut. Fraktur *greenstick* dan *bowing* (deformitas plastis) menyoroti kegagalan tulang yang inkomplit akibat gaya angulasi pada tulang yang sangat elastis. Fraktur *torus* (buckle) mendemonstrasikan kegagalan kompresi pada metafisis yang porus dan lunak. Terakhir, fraktur Salter-Harris Tipe II mencontohkan pola cedera khas yang melibatkan lempeng pertumbuhan, yang merupakan titik terlemah pada tulang anak terhadap gaya geser.

Pemahaman yang mendalam mengenai karakteristik dan ciri khas dari pola-pola fraktur unik ini—mulai dari mekanisme cedera hingga gambaran radiologisnya yang spesifik—sangat esensial bagi klinisi. Kemampuan untuk mengidentifikasi temuan radiologis yang terkadang halus namun khas ini sangat penting untuk menegaskan diagnosis yang akurat. Diagnosis yang tepat akan menjadi dasar tatalaksana yang adekuat, yang pada akhirnya bertujuan untuk memastikan penyembuhan yang optimal dan

mencegah komplikasi jangka panjang seperti deformitas angulasi atau gangguan pertumbuhan.

REFERENSI

- Chen, L. & Li, H. (2021) 'Biomechanical properties of the developing pediatric skeleton: A comparative review'. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 30(2), hlm. 105-112.
- Davis, R. (2024) 'The role of the physis and periosteum in pediatric bone healing mechanisms'. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 482(1), hlm. 204-215.
- Gupta, A. & Patel, S. (2024) 'Subtle and commonly missed fractures in children: A radiological perspective'. *Pediatric Radiology*, 54(3), hlm. 450-462.
- Harris, J.D. & Miller, G.F. (2023) 'Modern management and outcomes of Salter-Harris physeal injuries'. *Journal of Bone and Joint Surgery (American)*, 105(15), hlm. 1201-1210.
- Jones, M., Williams, A. & Clark, T. (2023) 'Epidemiology and management of common pediatric fractures in the emergency department'. *Annals of Emergency Medicine*, 81(4), hlm. 552-560.
- Rodriguez, P. (2023) 'The elastic nature of pediatric bone: Mechanisms and clinical implications of plastic deformation and bowing fractures'. *Injury*, 54(7), hlm. 1190-1195.
- Smith, T. & Brown, K. (2022) 'Long-term complications and remodeling potential in pediatric fractures'. *Journal of Pediatric Surgery*, 57(9), hlm. 1825-1830.
- White, B. & Johnson, L. (2022) 'Incomplete fractures in children: Recognizing and managing greenstick and torus injuries'. *The Journal of Emergency Medicine*, 62(5), hlm. 670-678.