



Pencegahan Infeksi Sekunder pada Kasus Patah Tulang Terbuka

I Gusti Ngurah Indra Wiguna,¹ Dewa Gede Satria Ambara Putra²

¹Instalasi Gawat Darurat, ²Bagian Orthopaedi dan Traumatologi Rumah Sakit Umum BaliMed Negara, Kabupaten Jembrana, Bali, Indonesia

ABSTRAK

Patah tulang terbuka merupakan cedera kompleks berupa kerusakan jaringan lunak disertai kontak antara tulang dan lingkungan luar tubuh. Infeksi sekunder dan osteomyelitis merupakan penyulit patah tulang terbuka yang berpotensi meningkatkan angka kesakitan secara signifikan. Upaya pencegahan infeksi pada patah tulang terbuka meliputi pemberian antibiotik profilaksis dan antitetanus, debridemen, irigasi luka, penutupan luka, serta fiksasi. Antibiotik profilaksis harus diberikan dalam 3 jam pertama atau seawal mungkin pasca-trauma. Tidak terdapat perbedaan signifikan risiko infeksi antara tindakan debridemen segera dengan debridemen tertunda. Irigasi luka metode aliran tekanan rendah lebih direkomendasikan. Pilihan metode penutupan luka dan tindakan fiksasi fragmen tulang yang patah berdasarkan hasil evaluasi tulang dan jaringan lunak serta karakteristik pasien.

Kata kunci: Infeksi, patah tulang terbuka, pencegahan

ABSTRACT

Open fractures are complex injuries characterized by soft tissue damage associated with exposed bone fragment. Secondary infection and osteomyelitis are some complications and often associated with significant morbidity. Preventing infection in open fracture includes administration of antibiotic and antitetanus prophylaxis, debridement, wound irrigation, wound closure, and fixation. Antibiotic prophylaxis should be administered in first 3 hours after injury or as early as possible. No significant difference in infection risk between urgent debridement and delayed debridement. Low pressure method of irrigation is recommended. Decisions on wound closure and bone fragment fixation methods depend on the bones and soft tissue conditions, and characteristic of patient. I Gusti Ngurah Indra Wiguna, Dewa Gede Satria Ambara Putra. Prevention of Secondary Infection in Open Fracture

Keywords: Open fractures, infection, prevention

PENDAHULUAN

Patah tulang terbuka (*open fractures*) merupakan suatu bentuk cedera kompleks berupa kerusakan jaringan lunak disertai kontak antara tulang dan lingkungan luar tubuh.¹ Patah tulang terbuka masih menjadi masalah epidemiologik yang cukup serius di seluruh dunia² karena sering disertai berbagai penyulit seperti infeksi, kegagalan penyatuan tulang (*non-union*), cedera neurovaskular, serta gangguan fungsi anggota gerak jangka panjang.³ Infeksi dan osteomyelitis merupakan penyulit patah tulang terbuka yang berpotensi meningkatkan angka kesakitan secara signifikan.⁴ Pencegahan infeksi merupakan salah satu tujuan utama tatalaksana patah tulang terbuka selain memastikan penyatuan tulang (*union*) yang baik serta pengembalian fungsi anggota gerak. Kejadian infeksi pada

patah tulang terbuka akan dapat dicegah melalui evaluasi dan tatalaksana awal yang baik, pemberian antibiotik dan antitetanus segera, debridemen dan irigasi, penutupan luka, serta fiksasi fragmen tulang secara adekuat.^{1,3,5} Berikut ini dibahas infeksi pada patah tulang terbuka beserta langkah-langkah pencegahannya.

Definisi

Patah tulang terbuka didefinisikan sebagai kondisi terputusnya kontinuitas jaringan tulang secara struktural dan jaringan lunak yang sempat berhubungan dengan lingkungan luar tubuh.^{1,6} Patah tulang terbuka dapat terjadi akibat fragmen tulang yang terdorong menembus jaringan lunak dan kulit dari dalam, atau karena benda tajam yang menembus kulit dan jaringan lunak dari luar

hingga mematahkan tulang.⁶ Patah tulang terbuka biasanya disebabkan oleh trauma energi tinggi, terjadi pada sekitar sepertiga kasus trauma multipel, serta dianggap sebagai salah satu kondisi yang mengancam anggota gerak.^{1,7}

Klasifikasi

Klasifikasi derajat keparahan patah tulang terbuka penting karena tingkat kerusakan jaringan lunak akan menentukan tatalaksana. Salah satu sistem klasifikasi patah tulang terbuka adalah sistem klasifikasi berdasarkan *Gustilo-Anderson* yang diperkenalkan pada tahun 1984.^{3,8} Sistem ini ditentukan oleh beberapa parameter penting seperti keparahan luka pada kulit, kerusakan otot, serta tipe patah tulang (**Tabel 1**).⁸

Alamat Korespondensi email: indrawigunawig@gmail.com



Etiopatogenesis Infeksi

Sebagian besar agen penyebab infeksi sekunder pada kasus patah tulang terbuka adalah bakteri piogenik.^{8,11} Hasil apusan primer pada cedera awal sebagian besar menunjukkan bakteri gram positif (*Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*) serta gram negatif (genus *Bacilli*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, atau *Enterobacteriae*) yang mungkin berhubungan dengan kondisi lingkungan trauma awal, misalnya cedera di lahan pertanian, luka tembak, atau cedera di daerah perairan, sehingga akan mempengaruhi keputusan pemilihan jenis antibiotik profilaksis.⁸ Namun, sebagian besar kasus infeksi pada patah tulang terbuka merupakan kasus nosokomial dengan mikroorganisme penyebab infeksi yang berbeda dari jenis mikroorganisme yang didapatkan saat kultur awal. Kindsfater, *et al*, melaporkan bahwa hanya 25% kasus infeksi pada patah tulang terbuka disebabkan oleh mikroorganisme yang ditemukan pada kultur awal pasca-trauma.⁹ Lee juga menemukan bahwa hanya 8% mikroorganisme yang ditemukan saat kultur pre-debridemen yang kemudian akan menjadi agen penyebab infeksi pada patah tulang terbuka.¹⁰ Hal ini menunjukkan bahwa kejadian infeksi pada kasus patah tulang terbuka sangat dipengaruhi oleh persiapan serta higienitas perawatan.⁸

Patofisiologi infeksi sekunder dan osteomielitis pada patah tulang terbuka bervariasi, bergantung pada tulang yang terlibat, karakteristik cedera awal, serta kondisi pasien. Namun secara umum, kasus infeksi pada patah tulang terbuka terjadi melalui mekanisme kontak langsung (*contiguous*).¹¹ Rusaknya sawar jaringan antara tulang yang patah dan lingkungan luar tubuh pasien meningkatkan peluang kontak antara tulang dan berbagai agen pengkontaminasi.⁸ Mikroorganisme

secara langsung akan mengkontaminasi jaringan lunak, jaringan tulang kortikal, serta sumsum tulang sekitar area luka dan patah tulang. Kontaminasi ini akan memunculkan reaksi radang akut yang menyebabkan nekrosis pada beberapa bagian tulang. Mikroorganisme bersama proses radang akan menyebar hingga mencapai sistem Haversian dan periosteum yang kemudian dapat mengganggu proses pembentukan kalus dan menyebabkan kegagalan penyatuan tulang akibat infeksi (*infected non-union of fracture*).¹¹

Selain itu, terdapat juga keterlibatan beberapa mediator peradangan dalam patofisiologi infeksi pada patah tulang terbuka. Studi pada mencit menunjukkan peningkatan mediator pro-inflamatorik dan anti-inflamatorik di jaringan tulang pada kasus infeksi tulang buatan dengan agen infeksi *Staphylococcus aureus* pasca-osteotomi tibia.¹¹ Berbagai mediator yang meningkat tersebut antara lain interleukin-1 β , *macrophage inflammatory protein-2* (MIP-2), dan sebagainya, yang terdeteksi meningkat pada hari pertama pasca-infeksi.¹¹ Selain mediator pro-inflamatorik, terdapat pula peningkatan mediator-anti-inflamatorik, yakni interleukin-10. Selain itu, secara histologik juga terdapat akumulasi berbagai sel radang (terutama granulosit), reaksi periosteal, serta hiperplasia mieloid pada jaringan tulang yang patah.¹¹

Infeksi juga dapat terjadi setelah debridemen dan pemasangan fiksasi internal/ implan. Istilah "infeksi terkait osteosintesis" atau *osteosynthesis-associated infection* (OAI) didefinisikan sebagai infeksi klinis ataupun subklinis pada patah tulang yang terjadi setelah tindakan fiksasi terbuka dan pemasangan implan internal, sedangkan istilah lain, yakni "infeksi sendi prostesis" atau *prosthetic joint infection* (PJI) merupakan infeksi yang lebih berhubungan dengan pemasangan sendi

prostesis.¹² Baik OAI maupun PJI terjadi melalui mekanisme penempelan bakteri (terutama *Staphylococcus*) serta pembentukan biofilm.¹¹ Ketika pertama kali dipasang dalam tubuh, implan akan segera dilapisi oleh berbagai senyawa adhesin (fibronektin, fibrin, fibrinogen, dan lain sebagainya) yang berasal dari cairan ekstraseluler jaringan tubuh pasien. Bakteri yang semula berada dalam bentuk planktonik kemudian mulai menempel pada implan yang dilapisi molekul adhesin.¹¹ Bakteri yang menempel ini kemudian akan membentuk struktur biofilm yang terdiri atas agregasi/ koloni sel yang terbenam dalam matriks yang terdiri atas campuran eksopolisakarida dan berbagai produk ekstraseluler lainnya. Biofilm ini menempel erat pada permukaan implan dan membantu melindungi bakteri dari sistem imun pasien serta antibiotik sekaligus menunjang pertumbuhannya, sehingga memungkinkan terjadi infeksi kronik. Pada kasus infeksi kronik, dapat terjadi mutasi dan peningkatan resistensi secara genetik terhadap sistem imun tubuh dan antibiotik, sehingga eradikasi infeksi akan menjadi makin sulit.¹²

Faktor Risiko

Patah tulang terbuka menimbulkan risiko tinggi infeksi. Secara umum, kejadian infeksi pada kasus patah tulang terbuka dipengaruhi tiga faktor, yakni karakteristik patah tulang terbuka, kondisi pasien, serta tatalaksana. Risiko infeksi pada patah tulang diperhitungkan berdasarkan sistem *Gustilo-Anderson*, yakni 0-2% pada patah tulang tipe I, 2-10% pada patah tulang tipe II, serta 10-50% untuk patah tulang tipe III.¹² Tipe IIIC (patah tulang terbuka dengan cedera arterial) merupakan kondisi dengan risiko infeksi tertinggi karena status vaskular merupakan salah satu faktor paling penting dan menentukan.⁸ Selain tipe patah tulang, lokasi patah tulang juga perlu dipertimbangkan. Patah tulang ekstremitas bawah, terutama dekat dengan bagian proksimal dan distal tibia, merupakan lokasi dengan risiko infeksi paling tinggi.¹² Berbagai kondisi lain seperti kerusakan jaringan lunak yang berat, politrauma, luka tembus, luka akibat ledakan, luka dalam kondisi perang (*combat injuries*), dan sindrom kompartemen juga merupakan faktor risiko infeksi yang signifikan.¹²

Risiko infeksi pada patah tulang terbuka juga dipengaruhi oleh kondisi umum pasien.

Tabel 1. Klasifikasi patah tulang terbuka berdasarkan sistem *Gustilo-Anderson*.^{3,8}

No	Klasifikasi	Penjelasan
1	Tipe I	Luka robek kulit berukuran < 1 cm dan bersih.
2	Tipe II	Luka robek kulit berukuran > 1 cm tanpa kerusakan jaringan lunak luas, <i>flap</i> , atau avulsi.
3	Tipe III	Patah tulang terbuka segmental, atau terdapat kerusakan jaringan lunak yang luas, atau amputasi traumatik.
	Tipe IIIA	Kerusakan jaringan lunak yang luas, namun tulang masih tertutup otot atau periosteum yang hidup/ <i>viabile</i> . Luka dapat ditutup secara primer dan tidak memerlukan transfer jaringan.
	Tipe IIIB	Tulang tampak dari luar dan tidak tertutup otot atau periosteum yang hidup/ <i>viabile</i> . Membutuhkan tindakan transfer jaringan untuk penutupan luka.
	Tipe IIIC	Semua patah tulang terbuka dengan cedera arterial yang memerlukan operasi perbaikan vaskular untuk menyelamatkan anggota gerak.



Kebiasaan merokok, diabetes melitus, riwayat *stroke*, gagal jantung, serta riwayat tindakan operasi merupakan faktor risiko infeksi. Pasien dengan gangguan sistem imun, seperti usia lanjut atau infeksi *Human Immunodeficiency Virus* (HIV), dapat menunjukkan penampakan klinis tidak khas dengan jenis mikroorganisme/agen infeksi atipikal, sehingga dapat menyebabkan keterlambatan diagnosis hingga menjadi infeksi berat.¹²

Beberapa faktor risiko infeksi pada patah tulang terbuka berhubungan dengan tatalaksana. Pemberian antibiotik profilaksis seawal mungkin diketahui mampu mengurangi angka kejadian infeksi sekunder pada patah tulang terbuka secara signifikan dan risiko infeksi akan meningkat drastis apabila antibiotik profilaksis ditunda hingga lebih dari 6 jam.^{2,3,12} Berbagai faktor yang berhubungan dengan tindakan operasi seperti pelaksanaan debridemen oleh profesional yang kurang kompeten, penggunaan banyak prosthesis/implan yang kompleks, serta tindakan *bone graft* juga meningkatkan risiko infeksi; beberapa faktor lain seperti penggunaan *drain*, kateter urin, serta transfusi darah masih kontroversial.¹²

DIAGNOSIS

Diagnosis terutama didasarkan atas temuan klinis melalui pemeriksaan dan penilaian luka berkala yang terkadang sulit. Secara kasat mata, hampir tidak mungkin membedakan infeksi dengan kontaminasi luka ringan/ sederhana yang dapat ditemukan pada 60%-70% kasus patah tulang terbuka.⁸ Pemeriksaan penunjang seperti laboratorium dan radiologik kebanyakan hanya akan menunjukkan hasil non-spesifik. Meskipun abses dan infeksi jaringan lunak dapat terdeteksi melalui pemeriksaan pencitraan seperti ultrasonografi, *CT-Scan*, dan lain sebagainya, kegunaannya terbatas hanya untuk kasus patah tulang terbuka yang berhubungan dengan tindakan operatif, jaringan parut, atau pasca-pemasangan implan/ prosthesis.⁸ Tanda-tanda infeksi lanjut akan menunjukkan gambaran sesuai osteomielitis.^{8,12}

TATALAKSANA

Evaluasi dan Tatalaksana Awal

Tatalaksana awal patah tulang terbuka bertujuan untuk stabilisasi dan menyelamatkan nyawa pasien serta mencegah kecacatan/kehilangan anggota gerak atau perburukan

lebih lanjut, termasuk infeksi.^{1,2} Prinsip tatalaksana awal patah tulang terbuka, seperti halnya pada kasus trauma lain, mengikuti prinsip-prinsip *Advanced Traumatic Life Support* (ATLS).^{1,2,7} Sistem ini akan membantu mengidentifikasi cedera spesifik dan prioritas penanganan untuk masing-masing cedera.¹

Seperti semua kasus trauma pada umumnya, pada pasien patah tulang terbuka dilakukan penilaian awal untuk identifikasi cedera yang berpotensi mengancam nyawa. Urutan penilaian tersebut adalah penilaian terhadap ABCDE yang terdiri atas *airway* (jalan napas dan proteksi servikal), *breathing* (pernapasan), *circulation* (sistem sirkulasi dan kontrol terhadap perdarahan), *disability* (status neurologik), serta *exposure/ environmental control* (kontrol terhadap lingkungan). Penanganan gangguan pada kelima aspek di atas dilaksanakan simultan dan sesuai urutan prioritasnya. Tindakan tambahan seperti imobilisasi serta pemeriksaan penunjang berupa pemeriksaan radiologik juga dapat dipertimbangkan pada saat penilaian awal.¹

Pada kasus patah tulang terbuka, kegawatan yang dapat terjadi terutama adalah syok hipovolemik karena perdarahan akut serta *crush syndrome/ traumatic rhabdomyolysis*, yakni cedera ginjal akut akibat tingginya kadar mioglobin dalam darah yang berasal dari cedera jaringan otot. Prinsip-prinsip resusitasi, terutama proteksi jalan napas dan servikal, kontrol perdarahan, resusitasi cairan, dan pemantauan produksi urin sangat penting pada fase ini. Evaluasi ulang berkala untuk melihat perubahan klinis serta mencari cedera lain yang belum ditemukan saat penilaian awal. Kondisi serius lain yang dapat menyertai patah tulang terbuka adalah cedera vaskular dan saraf tepi.^{1,2}

Langkah selanjutnya adalah melakukan penilaian/ survei sekunder. Prinsip survei sekunder adalah evaluasi sistematis dan menyeluruh dari ujung kepala hingga ujung kaki untuk identifikasi cedera bagian tubuh lain melalui anamnesis, pemeriksaan fisik, serta pemeriksaan penunjang. Anamnesis meliputi mekanisme trauma, lingkungan sekitar saat trauma, kondisi premorbid (riwayat alergi obat, penyakit kronik, status imunisasi tetanus, makan serta minum terakhir, dan lain sebagainya), serta terapi sebelum sampai di rumah sakit. Pemeriksaan fisik secara sistematis

dan menyeluruh untuk identifikasi seluruh cedera/ perlukaan, terutama yang berpotensi mengancam anggota gerak (*limb-threatening injuries*). Kondisi lain yang dapat mengancam anggota gerak adalah cedera vaskular, amputasi traumatik, sindrom kompartemen, cedera saraf tepi, dan lain sebagainya. Tatalaksana spesifik untuk berbagai kondisi.¹

Antibiotik Profilaksis dan Antitetanus

Antibiotik profilaksis wajib dalam tatalaksana patah tulang terbuka guna mencegah infeksi dan osteomielitis.^{2,3,5,13} Pemberian antibiotik sistemik intravena sesegera mungkin pada kondisi patah tulang terbuka terbukti dapat mengurangi angka insidens infeksi sekunder.^{2,3,12,13} Angka kejadian infeksi susulan tinggi pada pasien patah tulang terbuka yang terlambat mendapat antibiotik intravena (lebih dari 6 jam pertama),^{12,13} terdapat korelasi positif antara laju infeksi dengan rentang waktu antara kejadian cedera dan pemberian antibiotik dosis pertama. Rentang waktu yang dianjurkan adalah paling lambat 3 jam atau seawal mungkin pasca-trauma dan harus dilanjutkan selama debridemen awal hingga dilakukan penutupan luka atau maksimal 72 jam pasca-trauma.^{3,5,13} Meta-analisis beberapa telaah mengenai perbandingan berbagai protokol antibiotik menunjukkan tidak terdapat perbedaan angka insidens kejadian sepsis yang signifikan antara pemberian antibiotik intravena jangka pendek (< 72 jam) atau jangka panjang (>72 jam).¹³

Pilihan jenis antibiotik profilaksis dalam tatalaksana patah tulang terbuka tergantung tingkat keparahan serta lingkungan tempat cedera. Patah tulang terbuka tipe I dan II cukup diberi sefalosporin generasi pertama, untuk pasien dengan riwayat alergi sefalosporin, klindamisin dapat dipertimbangkan sebagai alternatif. Pemilihan antibiotik untuk patah tulang terbuka derajat III masih kontroversial. Beberapa merekomendasikan regimen kombinasi sefalosporin generasi pertama dengan antibiotik untuk bakteri gram negatif, yakni golongan aminoglikosida seperti gentamisin.^{2,5} Namun, beberapa opini menyatakan bahwa penambahan tersebut justru akan meningkatkan risiko resistensi apabila kemudian terjadi infeksi.³ Selain itu, seandainya diperlukan tambahan regimen antibiotik untuk mencakup bakteri gram negatif, golongan aminoglikosida mungkin bukan pilihan tepat mengingat



efek ototoksisitas dan nefrotoksisitas.^{3,5} Pada kasus kecurigaan infeksi *Clostridium*, dapat dipertimbangkan penambahan antibiotik untuk organisme anaerob, meskipun kontaminasi *Clostridium* sudah relatif jarang ditemukan pada era modern.⁵ Rekomendasi pilihan antibiotik profilaksis untuk patah tulang terbuka dapat dilihat pada **tabel 2**.

Tetanus merupakan salah satu penyulit fatal pada kasus trauma dengan luka terbuka, termasuk kasus patah tulang terbuka.¹ Seluruh kasus patah tulang terbuka harus mendapat profilaksis antitetanus dalam 6 jam pertama pasca-trauma.^{1,2} Regimen profilaksis dapat menggunakan *Human Tetanus Immunoglobulin* (HTIG) 250 unit intramuskuler atau antitetanus serum (ATS) 3.000 unit intramuskuler dilanjutkan dengan imunisasi aktif.^{1,15}

Debridemen

Debridemen merupakan salah satu langkah terpenting dalam tatalaksana patah tulang terbuka yang tidak dapat digantikan dengan pemberian antibiotik saja.^{3,8} Prosedur debridemen yang berkualitas akan turut menurunkan risiko infeksi dan memperbaiki keluaran klinis pasien. Debridemen harus dilakukan pada seluruh area tulang dengan vaskularisasi buruk atau meragukan dan akan dapat menurunkan laju infeksi sebanyak 33%.⁸ Debridemen juga sebaiknya dilakukan bersamaan dengan rekonstruksi jaringan lunak oleh ahli yang kompeten. Jaringan saraf dan pembuluh darah sebisa mungkin harus dipertahankan selama prosedur debridemen. Apabila selama tindakan debridemen pertama harus dilakukan pembuangan jaringan yang ekstensif sehingga menghilangkan beberapa kompartemen, tindakan rekonstruksi akan mustahil dan amputasi mungkin pilihan terbaik. Pada cedera yang sejak awal dinilai terlalu berat, tindakan amputasi segera harus dipertimbangkan.¹⁶

Terkait saat debridemen, patah tulang terbuka pernah dianggap sebagai kondisi gawat darurat yang memerlukan tindakan operatif dalam 6 jam pasca-trauma untuk mengurangi risiko infeksi. Namun studi klinis kemudian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan kejadian infeksi yang signifikan antara debridemen segera (*urgent*) dan debridement tertunda (*delayed*).^{3,13} Hasil telaah sistematis³ menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan angka kejadian infeksi pada kasus patah tulang panjang terbuka yang menjalani debridemen sebelum atau sesudah 6 jam pasca-trauma. Tindakan debridemen segera juga tidak boleh dilakukan apabila pasien masih belum stabil atau kondisi ruang operasi masih sub-optimal.^{3,16} Debridemen segera masih dapat dipertimbangkan pada kasus tertentu yang bersifat mengancam anggota gerak seperti perdarahan masif, sindrom kompartemen, cedera vaskular, atau cedera berat disebabkan energi tinggi (*high energy injury*), namun tindakan tertunda (*delayed*) dengan persiapan ruang operasi yang baik serta sumber daya manusia kompeten akan menghasilkan keluaran yang lebih baik dibandingkan tindakan segera (*urgent*) dengan kondisi sub-optimal.¹⁶ Kendati demikian, dikatakan bahwa tindakan debridemen tidak boleh ditunda terlalu lama dan harus dilakukan dalam 24 jam pasca-trauma.¹³

Irigasi Luka

Selain tindakan debridemen, irigasi luka dengan cairan garam fisiologis volume besar juga penting. Secara mekanis, irigasi akan membantu menghilangkan benda asing dan mengurangi konsentrasi/ inokulat bakteri pada jaringan hingga 80%.^{8,16} Penggunaan larutan antiseptik untuk irigasi dapat merusak sel dan sebaiknya dihindari.⁵ Sebuah uji acak terkontrol dengan subjek 2.447 pasien patah tulang terbuka dilakukan untuk membandingkan pengaruh irigasi larutan sabun dan garam fisiologik serta irigasi

tekanan tinggi dan rendah terhadap angka operasi ulang dalam 12 bulan pasca-tindakan operasi pertama. Didapatkan bahwa angka operasi ulang lebih tinggi pada kelompok irigasi garam fisiologis (14,8%) dibandingkan larutan sabun (11,6%). Angka operasi ulang sama untuk kelompok irigasi tekanan tinggi dan rendah, sehingga irigasi tekanan rendah (dengan memanfaatkan aliran gravitasi) lebih dapat diterima untuk alasan efisiensi.¹⁷ Selain itu, irigasi dengan sistem denyut/ pulsatil tekanan tinggi tidak dianjurkan karena dapat menambah kerusakan jaringan, membuat benda asing, serta mikroorganisme masuk semakin jauh ke dalam luka.^{5,8} Volume cairan irigasi masih kontroversial.⁷ Zalavras menganjurkan volume cairan untuk irigasi patah tulang terbuka sebanyak 9 liter,⁵ beberapa literatur merekomendasikan irigasi dengan volume 3 liter untuk patah tulang terbuka tipe I, 6 liter untuk patah tulang terbuka tipe II, dan 10 liter untuk patah tulang terbuka tipe III.⁷

Penutupan Luka

Pada kasus patah tulang terbuka tipe I, II, dan IIIA dengan kerusakan jaringan lunak tidak terlalu berat, dapat dipertimbangkan penutupan luka primer/ segera atau tertunda tanpa rekonstruksi jaringan lunak. Penutupan luka secara primer ketika tindakan operasi pertama dapat dipertimbangkan secara selektif apabila tidak terdapat kerusakan jaringan dan kontaminasi yang berat, antibiotik sudah diberikan, debridemen yang baik oleh tenaga yang kompeten, serta sisi luka dapat didekatkan tanpa ada tegangan. Penutupan luka secara primer sempat dikhawatirkan berisiko mionekrosis klostridial/ *gas gangrene* yang dapat menyebabkan kehilangan anggota badan atau bahkan kematian, namun berbagai studi klinis tidak berhasil menunjukkan peningkatan angka infeksi akibat penutupan luka primer. Justru penutupan luka primer mungkin dapat mencegah kontaminasi sekunder serta mengurangi morbiditas akibat luka operasi, lama perawatan, dan biaya perawatan. Jika perlu, dapat dilakukan tindakan pemanjangan/ ekstensi luka untuk melihat tulang dan jaringan lunak dan mempermudah debridemen yang kemudian dapat ditutup segera secara primer pula.⁵

Pilihan lain adalah penutupan luka tertunda (*delayed wound closure*). Penutupan luka

Tabel 2. Pilihan jenis antibiotik profilaksis untuk tatalaksana patah tulang terbuka.^{3,5}

Derajat Keparahan Patah Tulang Terbuka	Cakupan Antibiotik yang Dianjurkan	Pilihan Antibiotik
Tipe I dan II	Organisme gram positif, atau gram positif dan negatif.	Sefalosporin generasi pertama, atau Klindamisin (bila alergi sefalosporin)
Tipe III	Gram positif dan gram negatif	Kombinasi sefalosporin generasi pertama dan aminoglikosida (masih kontroversial).
Potensi kontaminasi oleh <i>Clostridium</i> atau disertai cedera vaskular.	Tambahan cakupan untuk organisme anaerob	Penisilin, atau Klindamisin, atau Metronidazol



tertunda direkomendasikan untuk cedera dengan kerusakan jaringan lunak cukup luas, luka terkontaminasi, penundaan perawatan, luka dengan viabilitas jaringan meragukan, atau luka dengan sisi yang tidak dapat didekatkan. Pada umumnya penutupan luka tertunda dilakukan apabila luka masih memerlukan tindakan debridemen ulang, namun luka tetap tidak boleh dibiarkan terbuka dan mengalami kontak dengan lingkungan luar begitu saja. Dalam hal ini direkomendasikan terapi luka tekanan negatif (*negative-pressure wound therapy/ NPWT*) serta penggunaan manik antibiotik (*antibiotic bead-pouch*) lokal.^{3,5} Penutupan luka tertunda akan mencegah terbentuknya lingkungan anaerob pada luka, memudahkan drainase, serta membantu menunjukkan jaringan mati untuk kemudian dilakukan debridemen ulang dalam 24-48 jam.⁵

Pada kasus kerusakan jaringan lunak yang berat seperti pada patah tulang terbuka tipe IIIB, penutupan luka mungkin tidak dapat dilakukan secara adekuat sehingga akan diperlukan tindakan rekonstruksi jaringan. Hal ini sangat penting karena jaringan penutup yang memiliki vaskularisasi baik akan membantu penyembuhan tulang yang patah, penyebaran antibiotik, serta aktivitas sistem imun. Selain itu, penutupan fragmen tulang dan luka dengan jaringan lunak yang baik juga akan mencegah kontaminasi dan kekeringan berbagai struktur yang lebih dalam akibat penguapan. Pemilihan teknik rekonstruksi sangat bergantung pada lokasi dan luas luka. Rekonstruksi jaringan dapat dengan transfer jaringan lokal atau bebas dan sebaiknya dilakukan segera dalam minggu pertama karena penundaan terlalu lama akan meningkatkan risiko infeksi dan penyulit lain.^{3,5} Diwan, *et al*, menyatakan bahwa tindakan rekonstruksi jaringan akan optimal apabila dilakukan dalam 48-72 jam pertama pasca-trauma;¹⁶ setelah penundaan lebih dari 7 hari, *odd ratio* infeksi sekunder akan

meningkat sebanyak 16% untuk setiap satu hari penundaan selanjutnya.³

Fiksasi

Stabilisasi fragmen tulang yang patah juga sangat penting dalam pencegahan infeksi pada patah tulang terbuka. Stabilisasi fragmen tulang yang patah akan mencegah cedera lanjutan pada jaringan lunak dan mengoptimalkan respons pertahanan jaringan terhadap organisme pengkontaminasi.^{5,12} Selain itu, kondisi fragmen tulang yang stabil akan membantu perawatan luka serta memungkinkan pergerakan dan rehabilitasi fungsional dengan segera. Stabilisasi fragmen tulang yang patah dapat dilakukan untuk sementara ataupun definitif dengan menggunakan paku intrameduler (*intramedullary nailing*), *plate and screw fixation*, atau fiksasi eksternal. Pemilihan metode fiksasi tersebut sangat bergantung pada hasil evaluasi terhadap tulang dan jaringan lunak serta karakteristik pasien secara individual. Lebih dari satu metode mungkin dapat digunakan untuk satu jenis cedera spesifik dan tentu saja, kemampuan operator juga harus dipertimbangkan.⁵

Paku intrameduler merupakan metode yang efektif untuk memfiksasi bagian diafisis tulang panjang ekstremitas bawah. Paku intrameduler yang terkunci secara statis akan membantu mempertahankan panjang dan posisi fragmen tulang yang patah. Metode ini secara biomekanik lebih superior dibandingkan metode lain dan tidak mempengaruhi kondisi jaringan lunak secara signifikan, namun terdapat risiko gangguan perfusi bagian kortikal dan endosteal dari tulang yang terlibat. Fiksasi dengan *plate and screw* mampu membantu mereduksi fragmen tulang yang patah secara anatomis dan memperbaiki keteraturan permukaan sendi, sehingga berguna untuk kasus patah tulang pada daerah intra-artikuler dan metafisis. Fiksasi dengan *plate and screw* juga

direkomendasikan untuk kasus patah tulang terbuka di daerah diafisis humerus, radius, serta ulna apabila tidak terdapat cedera jaringan lunak yang berat atau kontaminasi. Pada patah tulang terbuka dengan cedera jaringan lunak yang ekstensif dan disertai kontaminasi yang signifikan, misalnya pada patah tulang terbuka tipe IIIB, dapat dipertimbangkan fiksasi eksternal. Metode ini relatif mudah, aman, dan risiko kehilangan darah juga minimal, sehingga dapat menguntungkan dalam kondisi yang bersifat *damage-control* seperti patah tulang terbuka tipe IIIC atau pada pasien politrauma yang belum stabil. Fiksasi eksternal juga tidak memerlukan pemasangan implan pada daerah patah tulang, sehingga tidak akan mengganggu vaskularisasi lokal pada lokasi patah tulang.⁵

SIMPULAN

Pencegahan infeksi sekunder dan osteomielitis merupakan salah satu aspek penting dalam tatalaksana patah tulang terbuka. Banyak konsep serta rekomendasi terkini terkait upaya pencegahan infeksi pada patah tulang terbuka yang mencakup pemberian antibiotik profilaksis dan antitetanus, debridemen, irigasi luka, penutupan luka serta fiksasi. Antibiotik profilaksis harus diberikan dalam 3 jam pertama atau seawal mungkin pasca-trauma dan dilanjutkan selama tindakan debridement awal hingga penutupan luka atau maksimal 72 jam pasca-trauma. Tidak terdapat perbedaan signifikan risiko infeksi antara tindakan debridemen segera dan debridemen tertunda; tindakan oleh tenaga profesional yang kompeten dan berpengalaman pada ruang operasi yang baik akan menghasilkan keluaran lebih optimal. Irigasi luka pada patah tulang terbuka penting dan lebih direkomendasikan metode aliran tekanan rendah. Banyak pilihan metode penutupan luka dan tindakan fiksasi fragmen tulang yang patah, berdasarkan hasil evaluasi terhadap tulang dan jaringan lunak serta karakteristik pasien.

DAFTAR PUSTAKA

1. American College of Surgeons. Advanced trauma life support (ATLS) student course manual. 9th ed. USA: ACS Committee on Trauma; 2012. p. 2-20, 208-19
2. Diwan A, Eberlin KR, Smith RM. The principles and practice of open fracture care. *Chinese J Traumatol*. 2018;21:187e192
3. Manson TT, Pensy RA. Evaluation and management of soft-tissue injury and open fractures. In: Ricci WM, Ostrum RF, editors. *Orthopaedic knowledge update 5; Trauma*. AS: American Academy of Orthopaedic Surgeon; 2016. p. 161-74
4. Classen DA. Antibiotic bead pouch dressing. *Can J Plast Surg*. 1996;4(4):199-202.
5. Zalavras CG. Prevention of infection in open fractures. *Infect Dis Clin N Am* 2017;31:339-52
6. Salter RB. *Textbook of disorders and injuries of the musculoskeletal system*. 3rd ed. USA: Lippincott Williams & Wilkins; 1999. p. 417-95

TINJAUAN PUSTAKA



7. Buteera AM, Byimana J. Principles of management of open fractures. *East and Central African J Surg.* 2009;14(2)
8. Neubauer T, Bayer GS, Wagner M. Open fractures and infection. *Acta Chirurg Orthopaed Traumatol Čechosl.* 2006;73:301–12
9. Kindsfater K, Jonassen EA. Osteomyelitis in grade II and III open tibia fractures with late debridement. *J Orthop Trauma* 1995;9:121–7
10. Lee J. Efficacy of cultures in the management of open fractures. *Clin Orthop.* 1997.;339: 71–5
11. Birt MC, Anderson DW, Toby EB, Wang J. Osteomyelitis: Recent advances in pathophysiology and therapeutic strategies. *J Orthopaed.* 2017;14:45–52
12. Fang C, Wong TM, Lau TW, To KKW, Wong SSY, Leung F. Infection after fracture osteosynthesis – Part I: Pathogenesis, diagnosis, and classification. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2017;25(1):2309499017692712.
13. Elniel AR, Giannoudis PV. Open fractures of the lower extremity: Current management and clinical outcomes. *EFORT Open Rev.* 2018;3 DOI: 10.1302/2058-5241.3.170072
14. Leman MM, Tumbelaka AR. Penggunaan anti tetanus serum dan human tetanus immunoglobulin pada tetanus anak; Laporan kasus. *Sari Pediatri* 2010;12(4):283-8.
15. Simanjuntak P. Penatalaksanaan tetanus pada pasien anak. *Medula Unila.*2013;1(4):85-93
16. Diwan A, Eberlin KR, Smith RM. The principles and practice of open fracture care 2018. *Chin J Traumatol.* 2018;21(4):187-92.
17. FLOW Investigators, Bhandari M, Jeray KJ, Petrisor BA, Devereaux PJ, Heels-Ansdell D, et al. A trial of wound irrigation in the initial management of open fracture wounds. *N Engl J Med.* 2015;373(27):2629–41.

