

Osteomyelitis therapy with hyperbaric oxygen

Terapi osteomielitis dengan oksigen hiperbarik

Hendri Poernomo

Bagian Bedah Mulut

Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Mahasaraswati Denpasar

Denpasar, Indonesia

Corresponding author: **Hendri Poernomo**, e-mail: hendri_poernomo@yahoo.co.id

ABSTRACT

Osteomyelitis is a diffuse inflammation that affects the periosteum, cortical bone, and cancellous bone components. The inside of the bone that has been infected will become soft and experience swelling which causes the tissue to press against the outer wall of the bone and the blood vessels in the marrow which causes blood flow and oxygen supply to the bone decrease drastically. Usually surgical therapy is needed to treat osteomyelitis, but if the patient's physical condition does not allow it, hyperbaric oxygen therapy can be done to increase the supply of oxygen to the hypoxic bones. Hyperbaric oxygen therapy is an adjunct to conventional antibiotic or surgical treatment of resistant osteomyelitis, using large, multiposition or monoposition pressure tubes for one patient. The patients are given 100% oxygen with a pressure dose of 2-2.4 Atm for 90-120 minutes per day; five or six times per week for 8 weeks or more. Overall usage ranges from 80 to over 130 hours.

Keywords: osteomyelitis, hyperbaric oxygen therapy

ABSTRAK

Osteomielitis merupakan suatu keradangan difus yang mengenai periosteum, tulang kortikal, dan komponen-komponen tulang karselus. Bagian dalam tulang yang telah terinfeksi akan menjadi lunak dan mengalami pembengkakan yang menyebabkan jarang menekan dinding sebelah luar tulang serta pembuluh darah di dalam sumsum yang menyebabkan aliran darah ke tulang dan suplai oksigen berkurang drastis. Biasanya diperlukan terapi bedah untuk mengatasi osteomielitis, tetapi bila kondisi fisik pasien tidak memungkinkan, dapat dilakukan terapi oksigen hiperbarik untuk memperbanyak suplai oksigen ke dalam tulang yang telah mengalami hipoksia. Terapi oksigen hiperbarik merupakan penunjang terhadap perawatan dengan antibiotik atau pembedahan biasa pada osteomielitis yang resisten, dengan menggunakan tabung bertekanan dengan berukuran besar, multiposisi atau monoposisi untuk satu pasien. Pasien diberi oksigen 100% tekanan 2-2,4 Atm selama 90-120 menit per hari; 5 atau 6 kali per minggu selama 8 minggu atau lebih. Pemakaiannya secara keseluruhan berkisar antara 80 sampai lebih dari 130 jam.

Kata kunci: osteomyelitis, terapi oksigen hiperbarik

Received: 1 November 2022

Accepted: 25 November 2022

Published: 1 December 2022

PENDAHULUAN

Osteomielitis adalah infeksi tulang kronis yang tidak responsif, yang disebabkan oleh bakteri yang mungkin tidak aktif selama bertahun-tahun yang berawal dari infeksi ruang medula dan dengan cepat melibatkan sistem haversian meluas hingga melibatkan periosteum sekitarnya.^{1,2} Penyebab utama osteomielitis adalah infeksi odontogen yang merupakan flora normal dari rongga mulut seperti bakteri dalam plak, sulkus gingiva, dan mukosa mulut. Infeksi odontogen dapat menyebar perkontinuitatum, hematogen, dan limfogen.^{1,2}

Pengobatan osteomielitis adalah debridemen bedah dan profilaksis antibiotik.³ Komplikasi utama pada osteomielitis adalah adanya barier antara pejamu dan infeksi. Penghalang ini dapat berupa supurasi, tulang nekrotik, tetapi dapat membatasi kerja sistem imun pejamu.^{1,2,4} Pada umumnya masalah osteomielitis yang tidak sembuh biasanya disebabkan oleh jaringan yang hipoksia. Dalam proses penyembuhan infeksinya, terapi penunjang seperti terapi oksigen hiperbarik (TOH) sangat diperlukan; pertama kali digunakan pada penyakit dekompresi, yaitu suatu penyakit yang dialami oleh penyelam dan pekerja tambang bawah tanah akibat penurunan tekanan saat naik ke permukaan secara mendadak. Dari berbagai riset terungkap bahwa oksigen hiper-

barik memiliki manfaat lebih, tidak terbatas pada kasus penyelaman saja. Satu contoh TOH yang berhasil, digunakan untuk mempercepat proses penyembuhan luka.^{5,6}

Oksigen merupakan kebutuhan utama bagi kehidupan membantu dalam pertumbuhan dan perkembangan manusia. Terapi oksigen laut hiperbarik adalah pilihan pengobatan sistemik, yaitu pasien menghirup oksigen murni pada lebih dari 1 tekanan atmosfer untuk jangka waktu tertentu. Efek terapeutik TOH disebabkan oleh peningkatan oksigen terlarut dalam plasma dan pengiriman oksigen jaringan.^{7,8} Dalam kedokteran gigi, TOH digunakan untuk osteoradionekrosis, osteomielitis rahang, periodontitis agresif, terapi tambahan untuk penempatan implan di rahang yang diiradiasi.⁷

Sebenarnya TOH merupakan terapi penunjang pada proses penyembuhan luka, sehingga jaringan yang hipoksia membaik,^{8,9} karena menggunakan oksigen bertekanan. Perannya pada penyembuhan osteomielitis adalah oksigenasi luka hipoksik, peningkatan fibroblas dan produksi kolagen serta meningkatkan kemampuan leukosit.^{8,9} Untuk itu pada artikel ini dibahas mengenai terapi osteomielitis dengan oksigen hiperbarik.

TINJAUAN PUSTAKA

Infeksi rahang merupakan kasus yang sering dijum-

pa di praktek dokter gigi. Selain abses salah satu infeksi umum sering dijumpai adalah osteomielitis, yaitu keradangan difus pada periosteum, tulang kortikal, dan komponen-komponen dari tulang kalselous.⁴ Beberapa jenis osteomielitis di rahang, utamanya rahang bawah sering tidak terdiagnosis dan dianggap sebagai abses perimandibula atau submandibular karena memiliki gejala klinis pembengkakan mirip dan ciri khasnya ada pembentukan tulang subperiosteal, yang tidak selalu tampak di foto periapikal gigi.⁴

Kondisi ini dapat diklasifikasi sebagai akut, subakut, atau kronis, tergantung pada gambaran klinis. Penurunan prevalensi dapat dikaitkan dengan meningkatnya ketersediaan antibiotik dan standar kesehatan gigi dan mulut yang semakin meningkat.⁴ Osteomielitis dibedakan secara sederhana berdasarkan waktu yaitu osteomielitis akut dan osteomielitis kronis. Perbandingan osteomielitis akut dan osteomielitis kronis yaitu proses akut terjadi hingga satu bulan setelah timbulnya gejala dan proses kronis terjadi lebih dari satu bulan.^{4,10}

Osteomielitis akut yaitu komplikasi yang jarang terjadi dari suatu tindakan bedah, fraktur mandibula, atau trauma yang lain, mengakibatkan kehancuran sejumlah besar tulang yang berlangsung cepat, melalui proses demineralisasi atau peleburan tulang, dan bukannya melalui pembentukan skuester seperti pada osteomielitis kronis. Perjalanan penyakit biasanya mendadak, durasinya pendek, ditandai dengan pembengkakan besar dan drainase pus yang nyata juga ditandai dengan rasa sakit pada gigi. Perawatannya yaitu meliputi kultur, drainase, dan terapi antibiotik. Dengan perawatan yang konservatif tetap mempertahankan periosteum, sebagian besar tulang yang hancur akan mengalami regenerasi.^{10,11}

Osteomielitis kronis biasanya tidak disertai rasa sakit yang hebat, tetapi hanya perasaan tidak nyaman saja dan pembengkakan yang terjadi ukurannya bervariasi, biasanya terkait dengan fistulasi dan drainase pus, kadang-kadang disertai demam ringan atau malaise.¹¹ Osteomielitis kronis pada rahang biasanya disebabkan oleh perawatan infeksi odontogen yang kurang sempurna, komplikasi pasca pencabutan, penanganan yang kurang baik pada fraktur mandibula. Kerusakan yang terjadi pada osteomielitis berawal dari tekanan dan lisis akibat bahan supuratif pada ruang tertentu yang kemudian diikuti beberapa bagian dari tulang mengalami devitalisasi karena suplai aliran darah terhenti akibat trombosis pada pembuluh darah, sebagai pencetus ionisasi kalsium yang juga dimobilisasi oleh proses osteolitik dan timbulnya sekuester. Pada osteomielitis kronis terjadi atau hipoksia dan tekanan O₂ di intra medulla di bawah 30 mmHg. Terdapat 3 penyebab utama dari hipoksia, yaitu konsumsi oksigen oleh bakteri, konsumsi oksigen oleh sel-sel radang, serta perfusi lokal jaringan edema sehingga menurunkan proses oksidatif fosforilasi mito-

kondria yang menurunkan tekanan di mitokondria.^{11,12}

Penyebab utama yang paling sering dari osteomielitis adalah penyakit-penyakit periodontal seperti gingivitis ataupun periodontitis tergantung seberapa berat penyakitnya. Bakteri yang paling sering berperan terhadap terjadinya penyakit ini yang tersering adalah *S. aureus*, selain *Streptococcus* dan *Pneumococcus*.^{13,14}

Penyebab lain osteomielitis adalah tertinggalnya bakteri di dalam tulang rahang setelah pencabutan gigi, karena buruknya kebersihan pada daerah ekstraksi dan tertinggalnya bakteri di dalamnya. Hal tersebut menyebabkan tulang rahang membentuk tulang baru di atas lubang sehingga meninggalkan ruang kosong pada tulang rahang, jaringan iskemik, nekrotik, osteomielitik, gangren dan bahkan sangat toksik. Kavitas tersebut akan bertahan, memproduksi toksin dan menghancurkan tulang di sekitarnya, dan membuat toksin tertimbun dalam sistem imun. Penyebab umum lainnya dari osteomielitis dental adalah gangren radiks yang jika terinfeksi, akibat sering tidak terambil utuh dan tertinggal di dalam tulang rahang, kemudian memproduksi toksin yang merusak tulang di sekitarnya sampai gigi dan tulang nekrotik di sekitarnya hilang.¹⁴

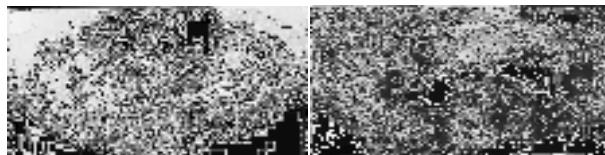
Perawatan bedah gigi, trauma wajah yang melibatkan gigi, pemakaian kawat gigi, atau pemasangan perantai lain misalnya jembatan yang akan membuat tekanan pada gigi yang menjadi awal osteomielitis. Selain itu, penyebab osteomielitis misalnya infeksi akibat trauma pada tulang terbuka, penyebaran dari stomatitis, tonsillitis, infeksi sinus, maupun infeksi yang hematogen.¹⁴⁻¹⁶

Pemeriksaan radiografis

Pada tahap awal osteomielitis, radiografi menampakkan karies berupa gambaran radiolusensi pada mahkota gigi yang terinfeksi dengan apeks akarnya dikelingi oleh radiolusensi. Bagian bawah kortex tulangnya tampak garis radiolusensi tipis cairan edema dan sebelah luarnya dibatasi oleh garis radiopak tipis tulang subperiosteal. Jika infeksi menetap dalam jangka waktu lama, maka kortex tepi bawah rahang menebal dan berlapis, dapat mencapai 2-3 cm.⁴

Gambaran radiografi dari tulang kalselous di sekelilingnya tampak normal, kemudian menjadi sklerotik, dan memperlihatkan sejumlah daerah yang mengalami perubahan osteolitik dalam jaringan spongiosanya yang juga mengalami perubahan sklerotik, dan gambaran radiografis kepadatan tulang subperiosteal baru yang dibentuk menjadi tidak sepadat tulang tepi bawah rahang.⁴

Pada osteomielitis akut, awal infeksi biasanya tidak terlihat perubahan gambaran radiografik dari tulang atau bentuk trabekula. Sekitar 7-10 hari terlihat gambaran trabekula menjadi kabur. Terkadang *space* antara trabekula membesar sehingga menunjukkan gambaran radiolusen. Bila osteomielitis terjadi setelah pena-



Gambar 1A Radiolusensi trabekula dan hilangnya gambaran radiopak yang mengelilingi soket, **B** radiolusen multipel pada rahang bawah dengan gambaran *moth eaten in appearance*.⁴

butan, gambaran awal yang terlihat adalah hilangnya gambaran radiopak yang mengelilingi soket pencabutan gigi tersebut.^{4,17,18}

Pada osteomielitis kronis, gambaran radiolusen multipel dengan berbagai macam ukuran dan batas tidak jelas. Dengan melanjutnya infeksi, terlihat gambaran *moth-eaten in appearance* yaitu area radiolusen meluas dengan batas tidak beraturan dan dipisahkan oleh pulau-pulau dari tulang. Potongan tulang nekrotik tampak lebih radiopak dengan batas yang tidak beraturan.^{4,16,17}

Patogenesis, tanda, dan gejala klinis

Osteomielitis pada tulang rahang bermula dari infeksi dari tempat lain yang masuk ke dalam tulang dan membentuk inflamasi supuratif pada medulla tulang, karena tekanan pus yang besar, infeksi kemudian me luas ke tulang spongiosa menuju ke daerah korteks tulang yang mengakibatkan struktur tulang rahang yang seharusnya kompak dan padat menjadi rapuh serta ber lubang seperti sarang lebah dan mengeluarkan pus yang bermuara di kulit seperti fistel, terlihat seperti bisul, jika dibiarkan, pada rahang yang rapuh ini bisa terjadi fraktur patologis. Mekanisme terjadinya osteomielitis adalah melalui obstruksi pembuluh darah. Kelainan ini lebih mudah terjadi pada penderita dengan riwayat kesehatan umum yang buruk, menyebabkan hancurnya tulang rahang dan membentuk sequester.^{11,15}

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan penyebaran dan kegawatan osteomielitis antara lain jenis dan virulensi kuman penyebab, daya tahan tubuh penderita, jenis dan posisi gigi sumber infeksi, panjang akar gigi sumber infeksi terhadap perlekatan otot, adanya *tissue space* dan potensial *space*, aliran darah, penyebaran langsung dan infeksi jaringan lunak di dekatnya^{11,15}

Gejala awalnya seperti sakit gigi dan terjadi pembengkakan di sekitar pipi yang kemudian mereda, selanjutnya bersifat kronis membentuk fistel yang kadang tidak menimbulkan rasa sakit. Diagnosis penyakit ini sering tidak terdeteksi dari pemeriksaan foto panoramik. Ditambah lagi dengan banyaknya kasus yang tidak ditemukan rasa nyeri pada daerah wajah. Penundaan pencabutan gigi yang nekrosis dalam jangka waktu lama, sering menjadi awal dari osteomielitis, sehingga terapinya menjadi sulit karena minimnya aliran darah yang menuju daerah infeksi pada rahang tersebut, dan dapat menghambat kerja antibiotik.^{11,15,18}

Terapi dari osteomielitis pada umumnya adalah de

ngan kombinasi bedah insisi dan drainase, sekuestrektomi, ekstraksi gigi, *saucerization*, dekortisasi reseksi rahang, pengobatan suporif seperti penggunaan antibiotika (klindamycin, penicillin, cefalecsin, cefotaksim, tobramycin, dan gentamicin) serta kombinasi terapi penunjang seperti TOH, perbaikan keadaan umum, nutrisi, terapi vitamin, membantu mempercepat proses penyembuhan osteomielitis. Pilihan terbaik untuk tindakan bedah adalah dengan sekuestrektomi dan *saucerization* karena tujuannya adalah untuk menghilangkan jaringan nekrotik atau vaskularisasi tulang *sequestra* yang buruk pada area yang terinfeksi dan untuk memperbaiki aliran darah.^{11,19}

Komplikasi yang dapat terjadi akibat osteomielitis, serupa dengan komplikasi yang disebabkan oleh infeksi odontogen; komplikasi ringan sampai berat yang dapat menyebabkan kematian akibat septikemia, pneumonia, meningitis, dan trombosis pada sinus kavernosus. Diagnosis yang tepat amat penting untuk pemberian terapi yang efektif, sehingga dapat memberikan prognosis yang lebih baik.¹⁹

Terapi oksigen hiperbarik

Perawatan TOH juga didukung sebagai perawatan *refractory* osteomielitis. Metode perawatan ini bekerja dengan meningkatkan oksigenasi jaringan yang akan membantu melawan bakteri anaerob yang terdapat pada luka. Penggunaan yang luas dari TOH sebagai perawatan untuk osteomielitis masih menjadi kontroversi.²⁰ Penanganan awal diberikan TOH sebagai penghilang rasa sakit, memperbaiki tekanan oksigen pada hiposiklin, meningkatkan proliferasi vaskular, aktivitas fibroblastik dan aktivitas stimulasiostoklastik.^{21,22} Kemampuan dari leukosit untuk membunuh bakteri juga akan meningkatkan tekanan oksigen pada jaringan. Secara umum, TOH digunakan sebagai perawatan tambahan untuk bedah dan terapi antimikroba pada perawatan *refractory*, *chronic sclerosing* osteomielitis supuratif kronis.^{23,24}

TOH adalah suatu perawatan dengan merangsang proses penyembuhan alami dari tubuh sendiri menggunakan oksigen 100% secara intermiten yang diberikan dalam suatu ruang tertutup (*chamber*) dengan tekanan terkontrol di atas 1 atm absolute. Pada awalnya terapi ini digunakan untuk para penyelam yang mengalami dekompreksi. Seiring dengan perkembangan zaman dilakukan penelitian dan uji klinis lebih lanjut, maka TOH dapat digunakan untuk terapi embolisme, keracunan karbon monoksida atau sianida, brain injury, iskemia jaringan akut, dekompreksi mempercepat penyembuhan luka, anemia karena kehilangan darah, gangren nekrosis, osteomielitis dan osteoradionekrosis.^{5,7,23}

Ketika oksigen dihirup pada konsentrasi yang lebih tinggi dari yang ditemukan dalam atmosfer udara, diperimbangkan sebagai pengobatan. Berdasarkan hal

tersebut oksigen hiperbarik kemudian dipastikan sebagai obat dan dapat dipergunakan dalam suatu terapi. Dua efek penting yang mendasar pada TOH adalah efek mekanik meningkatnya tekanan lingkungan atau ambient yang memberikan manfaat penurunan volume gelembung gas atau udara seperti pada terapi penderita de-kompresi akibat kecelakaan kerja penyelaman dan gas emboli yang terjadi pada beberapa tindakan medis rumah sakit. Efek peningkatan tekanan parsial oksigen dalam darah dan jaringan yang memberikan manfaat terapeutik: bakteriostatik pada infeksi kuman anaerob, de-toxikasi pada keracunan karbon monoksida, sianida dan hidrogensulfida, reoksigenasi pada kasus iskemia akut, *crush injury*, *compartment syndrome* maupun kasus iskemia kronis, luka yang tidak sembuh, nekrosis radiasi, *skin graft preparation* dan luka bakar.^{7,23,24}

Perlu disadari bahwa TOH bermanfaat bagi beberapa macam penyakit, ternyata menjadi kontraindikasi bagi kondisi dan jenis penyakit tertentu. Dari beberapa penelitian rupanya TOH juga dapat menyebabkan beberapa komplikasi daripada efek lanjutan tertentu dari indikasi, kontra indikasi dan komplikasi merupakan kon-sekuensi pemakaian TOH.^{23,24}

Indikasi TOH yaitu embolisme gas dan udara, keracunan karbonmonoksida, *crush injury*, keracunan gas sianida, penyakit dekompresi, meningkatkan penyembuhan luka pada ukus, anemia, infeksi jaringan lunak bernekrosis, gas gangren kuman Clostridial, osteomielitis, osteoradionekrosis, *skin graft* dan *flap*, luka bakar. Sedangkan kontraindikasinya yaitu infeksi saluran nafas atas, faktor predisposisi barotrauma telinga dan sinus, gangguan kejang, emfisema dengan retensi CO₂, lesi asimtotik pada paru, riwayat pernah bedah toraks dan telinga, demam tinggi, tumor ganas, kehamilan, neuritis opticus.^{23,24}

Manfaat TOH yaitu meningkatkan tekanan oksigen arteri dan vena, bersifat bakteriostatik pada organisme, aktivitas bakteriosid dari leukosit meningkat, memacu proliferasi fibroblas dan pembentukan kapiler baru, meningkatkan kualitas dan kecepatan pembentukan jaringan granulasi, meningkatkan kecepatan penyembuhan luka iskemik, memacu resorbsi dan penggantian tulang yang sudah mati, mengurangi rasa sakit yang hebat.^{11,23,24}

Komplikasi TOH, antara lain barotrauma telinga, nyeri sinus, miopia dan katarak, barotrauma paru, penyakit dekompresi, klaustrofobia, kejang. Pencegahan komplikasi TOH dilakukan dengan pengisian status yang akurat, *informed consent* yang komprehensif, foto torak, uji fungsi paru, dan pemeriksaan gendang telinga.^{23,24}

PEMBAHASAN

Osteomielitis akut dan kronis lebih mungkin terjadi pada mandibula daripada maksila karena vaskularisasi di mandibula rendah dan juga karena kepadatan tu-

lang kortikal mandibula lebih mudah untuk mengalami kerusakan.^{24,25} Pada mandibula, lokasi yang paling sering sering terjadi osteomielitis adalah *body*, kemudian simfisis, angle, ramus ascendens dan kondilus. Kasus terjadinya osteomielitis berdasarkan jenis kelamin antara laki-laki maupun perempuan insidennya hampir sama dengan kisaran usia dewasa dan pasien yang sudah tua. Patofisiologinya melibatkan akumulasi eksudat penyebab inflamasi pada rongga tulang medular dan di-bawah periosteum, menyebabkan tekanan pada suplai darah sentral dan perifer ke tulang, sehingga terjadi pengurangan suplai nutrisi dan oksigen akibat terganggunya suplai darah yang menyebabkan nekrosis tulang, sehingga mendukung proliferasi bakteri. Jika tidak ditangani dengan tepat, maka penyembuhannya tidak sempurna serta osteomielitis akan menjadi progresif.^{5,7}

Mekanisme TOH pada osteomielitis

Secara garis besar pemakaian oksigen hiperbarik dalam proses penyembuhan osteomielitis terjadi karena hipoksia pada osteomielitis dapat dikoreksi dengan terapi oksigen yang bervariasi dari pemakaian inhalasi oksigen 40% pada tekanan udara bebas hingga oksigen 100% pada 2,5 tekanan atmosfir absolut (ATA). Tekanan tinggi diperlukan untuk oksigenasi di pusat luka kronis yang hipoksia. Tekanan 2 ATA menunjukkan terjadi peningkatan oksigenasi jaringan yang mengalami hipoksia. Koreksi secara intermiten pada luka yang hipoksia dengan terapi oksigen dapat meningkatkan replikasi fibroblas dan produksi kolagen. Meningkatnya tekanan oksigen pada osteomielitis dapat meningkatkan aktivitas leukosit untuk membunuh bakteri patogenik.^{5,7}

Menurut Pusat Kesehatan Hiperbarik, mekanisme penyembuhan osteomielitis dengan oksigen hiperbarik dimulai dengan memberikan pertolongan segera terhadap jaringan yang miskin perfusi di daerah yang aliran darahnya buruk atau hipoksigenasi. Kemudian meningkatkan efek terapeutiknya yang meliputi pemecahan fibroblas, pembentukan kolagen baru serta angiogenesis kapiler di daerah yang sulit terbentuk vaskularisasi. Dilanjutkan dengan peningkatkan aktivitas antimikroba, karena oksigen hiperbarik memiliki efek menekan langsung (konsep Hukum Boyle), yaitu untuk mengurangi volume intravaskuler atau gas bebas lainnya, yang menyebabkan terhambatnya toksin dan inaktivasi toksin akibat infeksi kuman.

TOH mampu meningkatkan fagositosis dan membunuh sel darah putih yang teroksidasi serta meningkatkan aktivitas aminoglikosida, juga mencegah aktivasi lekosit yang menyimpang, sehingga dapat mempertahankan jaringan perifer. Pada osteomielitis tulang kurang mendapatkan suplai darah akibat pematatan tulang, sehingga dengan TOH, oksigen dapat terserap pada daerah yang sirkulasinya terhambat. Dengan demi-

kian, oksigen akan sampai pada jaringan yang rusak dan akhirnya dapat terjadi proses penyembuhan alami dari tubuh. Setelah menjalani TOH, pembengkakan berkurang dan biasanya tidak terjadi pendarahan pada daerah infeksi.^{5,7,9}

Mekanisme di atas berhubungan dengan salah satu manfaat utama TOH, yaitu untuk *wound healing*. Pada luka terdapat bagian tubuh yang mengalami edema dan infeksi. Di bagian edema ini terdapat radikal bebas dalam jumlah yang besar. Daerah edema ini mengalami kondisi hipo-oksigen karena hipoperfusi. Peningkatan fibroblas akan mendorong terjadinya vasodilatasi pada daerah edema tersebut. Jadilah kondisi daerah osteomyelitis tersebut menjadi hipervaskular, hiperseluler dan hiperoksia, dengan pemparan oksigen tekanan tinggi.^{5,7,23}

Aplikasi TOH pada osteomyelitis

Aplikasi TOH paling baik digunakan sebagai penunjang terhadap perawatan dengan antibiotik atau pembekalan biasa pada berbagai jenis osteomyelitis baik yang resisten atau maupun tidak, dengan menggunakan tabung bertekanan dengan berukuran besar, multiposisi atau monoposisi untuk satu pasien.^{5,7} Pasien diberi oksigen 100% dengan dosis tekanan 2-2,4 ATM selama

90-120 menit/hari, lima atau enam kali per minggu selama 8 minggu atau lebih pemakaiannya secara keseluruhan berkisar 80 sampai lebih dari 130 jam.^{5,7}

Efek samping pada TOH biasanya akan mengenai sistem saraf pusat seperti mual, kedutan pada otot muka dan perifer serta kejang, dapat pula berefek pada paru-paru seperti batuk sesak dan nyeri subtermal. Persiapan sebelum terapi, pastikan keadaan umum pasien baik, kemudian turunkan pasien dalam *chamber* dengan pemberian tekanan secara bertahap mulai dari 1-2,4 ATM, pasien diharuskan bernapas melalui mulut dan menggunakan guedel untuk menahan mulutnya agar tetap terbuka selama perawatan, karena oksigen dapat terserap maksimal dengan bernapas melalui mulut.^{5,7}

Disimpulkan bahwa osteomyelitis sulit disembuhkan karena kurangnya suplai darah pada tulang, akibat pembengkakan pada jaringan yang menekan dinding luar tulang yang kaku maka pembuluh darah di sumsum dapat tertekan dan jika tindakan bedah tidak dapat dilakukan karena pertimbangan keterbatasan fisik pasien maka TOH dan terapi antibiotika bisa menjadi perawatan alternatif untuk kasus osteomyelitis. TOH sebagai terapi penunjang pada penyembuhan osteomyelitis sangat membantu dalam mempercepat proses penyembuhan luka.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mallikarjuna. Osteomyelitis in mandible. *J Indian Soc Pedodont Prev Dent* 2011; 29(2):176-9
2. Berglund C, Ekströmer K, Abtahi J. Primary chronic osteomyelitis of the jaws in children: an update on pathophysiology, radiological findings, treatment strategies, and prospective analysis of two cases. *Case Reports Dent* 2015, Article ID 152717.
3. Gomes D, Pereira M, Bettencourt AF. Osteomyelitis: an overview of antimicrobial therapy. *Braz J Pharm Sci* 2013; 49: 15
4. Marx RE, Carlson ER, Smith BR, Toraya N. Isolation of *Actinomyces* species and *Eikenella* corrodens from patients with chronic diffuse sclerosing osteomyelitis. *J Oral Maxillofac Surg* 1994; 52(1): 26-33.
5. Amit M, Shubhangi M, Amola P, Asawari L. Hyperbaric oxygen therapy: a new era in dentistry. *Galore Int J Health Sci Res* (www.gijhsr.com), 2017; 2(1)
6. Moen I, Stuhr LEB. Hyperbaric oxygen therapy and cancer-A review. *Targ Oncol* 2012; 7: 233-42.
7. Re K, Patel S, Gandhi J, Suh Y, Reid I, Joshi G, et al. Clinical utility of hyperbaric oxygen therapy in dentistry. *Med Gas Res* 2019; 9: 93-100
8. Devaraj D, Srisakthi D. Hyperbaric oxygen therapy-can it be the new era in dentistry? *J Clin Diagn Res* 2014; 8:263-5
9. Camporesi EM, Bosco G. Mechanisms of action of hyperbaric oxygen therapy. *J Undersea Hyperb Med* 2014; 41:247-52
10. Merkesteyn JP, Groot RH, van den Akker HP, Bakker DJ, Borgmeijer-Hoelen AM. Treatment of chronic suppurative osteomyelitis of the mandible. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1997; 26(6): 450-4
11. Petersen GW. Buku ajar praktis bedah mulut. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2004.p.213
12. Gill AL, Bell CN. Hyperbaric oxygen: its uses, mechanisms of action and outcomes. *QJM* 2004; 97:385-95
13. Regezi JA, Sciubba JJ, Jordan RCK. Oral pathology clinical correlations. 4th Ed. Philadelphia: Saunders; 2003.p.313-5.
14. Baltensperger MM, Eyrich GK. Osteomyelitis of the jaws. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2009.p.11.
15. Syamsoelily L, Mappangara S, Chandha MH, Ruslin M. Osteomyelitis supuratifik kronis pada mandibular edentulous [skripsi]. Makassar: Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Hasanudin; 2013. Hal. 35-36, 2013.
16. Eid AJ, Berbari EF. Osteomyelitis: review of pathophysiology, diagnostic modalities and therapeutic options. *J Med Liban* 2012; 60 (1): 51-60
17. Syahputra D. Rekonstruksi ankirosis sendi temporomandibula akibat osteomyelitis kronis dengan teknik total joint replacement [skripsi]. Medan: Universitas Sumatera Utara; 2011.
18. Krakowiak P. Alveolar osteitis and osteomyelitis of the jaws. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am* 2011; 23:401-13.
19. Fragiskos D. Oral surgery. 3rd ed. Greece: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2007.p.360.
20. Triplett RG, Branham GB, Gillmore JD, Lorber M. Experimental mandibular osteomyelitis: therapeutic trials with hyperbaric oxygen. *J Oral Maxillofac Surg* 1982; 40:640-6.
21. Gill AL, Bell CN. Hyperbaric oxygen: its uses, mechanisms of action and outcomes. *QJM* 2004; 97:385-95.

22. Sarbjot K, Mridula P, Neeraja B, Rakesh G. Evaluation of the efficacy of the hyperbaric oxygen therapy in the management of the chronic non-healing ulcer and the role of periwound transcutaneous oximetry as a predictor of wound healing response: A randomised prospective control trial. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2012; 28: 70-5.
23. Kranke P. Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds. *Cochrane Database Syst Rev*. PubMed. 2015
24. Hexdall E, Brave R, Kraft K, Siewers J. Diving deep into hyperbaric oxygen therapy. *Nursing* 2019; 46: 28-36.
25. Thom SR. Hyperbaric oxygen: Its mechanisms and efficacy. *Plast Reconstr Surg*. PubMed. 127, 2011.