

# Teknologi *Vertebroplasty* Untuk Menangani Fraktur Kompresi Tulang Belakang Manusia Akibat Penyakit *Osteoporosis*

## *Vertebroplasty Technology to Manage Human Spinal Compression Fractures due to Osteoporosis Disease*

Helen Melenia Sianipar<sup>1)</sup>, Maria Kezia Gag hunting<sup>2)</sup>, Rafika Exaudy Samosir<sup>3)</sup>, Wahyu Irawati<sup>4)</sup>

Program studi Pendidikan Biologi, Teachers College,  
Universitas Pelita Harapan, Tangerang, 15811  
E-mail korespondensi: wahyu.irawati@uph.edu

Paper submit: 19 Januari 2021, Paper publish: September 2021

**Abstrak** – Osteoporosis merupakan penyakit metabolik tulang yang ditandai dengan menurunnya massa tulang akibat berkurangnya matriks dan mineral tulang disertai dengan kerusakan mikroarsitektur dari jaringan tulang. Osteoporosis dapat terjadi akibat berbagai faktor terutama faktor usia. Osteoporosis tidak menunjukkan gejala yang jelas sehingga penderita osteoporosis baru menyadarinya ketika sudah terjadi fraktur pada tulang belakang yang menyebabkan nyeri. Tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui teknologi *vertebroplasty* dalam menangani fraktur kompresi tulang belakang manusia akibat penyakit osteoporosis. Kajian literatur ini akan membahas empat fokus kajian yaitu: 1) struktur dan fungsi sistem tulang, 2) kelainan struktur dan fungsi sistem tulang, 3) mekanisme terjadinya osteoporosis, serta 4) penanganan osteoporosis dengan menggunakan teknologi *vertebroplasty*. Pada dasarnya bagian luar tulang sangat kuat dan kokoh, tetapi pada bagian lainnya terdapat beberapa spons. Struktur tulang sangat mendukung setiap fungsi yang dimiliki. Pada keadaan normal, siklus pembentukan tulang yang melibatkan sel-sel tulang dan jaringan tulang akan membuat tulang tetap kuat. Ketidakseimbangan dalam regenerasi tulang di mana jaringan tulang trabekular lebih aktif dan cepat sementara tulang kortikal bekerja lebih lambat, dapat menjadi penyebab osteoporosis. *Percutaneous vertebroplasty* (PV) merupakan penanganan osteoporosis dengan injeksi langsung semen medis (*polymethylmethacrylate* [PMMA]) pada tulang yang keropos maupun retak, dapat meredakan nyeri dengan lebih cepat.

**Kata Kunci:** Osteoporosis, Penanganan, Sel, Tulang, *Vertebroplasty*

**Abstract** – Osteoporosis is a metabolic bone disease characterized by decreased bone mass due to reduced bone matrix and minerals accompanied by microarchitectural damage of bone tissue. Osteoporosis can occur due to various factors, especially age. Osteoporosis does not show obvious symptoms so people with osteoporosis need to be aware of it when there has been a fracture in the backbone causing pain. The purpose of this paper is to determine the *vertebroplasty* technology in dealing with compression fractures of the human spine due to osteoporosis. This literature study will discuss four focus studies, namely: 1) the structure and function of the bone system, 2) structural and functional abnormalities of the bone system, 3) the mechanism of osteoporosis, and 4) osteoporosis management using *vertebroplasty* technology. Basically the outside of the bone is very strong and sturdy, but on the other side there are some sponges. Bone structure supports every function it has. In normal circumstances, the bone formation cycle that involves bone cells and bone tissue will keep bones strong. An imbalance in bone regeneration in which trabecular bone tissue is more active and faster while cortical bone is slower to work can be a cause of osteoporosis. *Percutaneous vertebroplasty* (PV) is a treatment for osteoporosis by direct injection of medical cement (*polymethylmethacrylate* [PMMA]) into brittle or fractured bones, which can provide faster pain relief.

**Keywords:** Osteoporosis, Treatment, Cells, Bones, *Vertebroplasty*

## PENDAHULUAN

Sistem tulang merupakan rangkaian tulang yang memberi bentuk pada tubuh dan menjadi tempat melekatnya otot (Iriani,

2015). Tulang merupakan jaringan yang tersusun atas sel-sel yang bekerja sama dan terus memperbaharui dirinya (Florencio Silva, Sasso, Sasso Cerri, Simões, & Cerri,

2015). Tulang tersusun atas empat jenis sel yang berbeda yaitu osteoblas, osteosit, osteoklas dan sel lapis tulang (Mohamed, 2008). Tulang memiliki peran besar dalam menunjang berlangsungnya kehidupan dan memungkinkan manusia untuk dapat melakukan berbagai aktivitas (Iriani, 2015). Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan tulang sangat penting dan telah didesain sedemikian rupa untuk menunjang keberlangsungan hidup manusia.

Satu fakta yang tidak dapat terhindarkan bahwa tulang dapat mengalami kerusakan, kelainan, atau penyakit karena sebab-sebab tertentu. Osteoporosis adalah salah satu penyakit yang dapat terjadi pada tulang. Osteoporosis merupakan penyakit metabolik tulang yang ditandai dengan menurunnya massa tulang karena berkurangnya matriks dan mineral tulang disertai dengan kerusakan mikroarsitektur dari jaringan tulang (Kawiyana, 2009). Osteoporosis umumnya terjadi pada usia lanjut dan berkaitan dengan menurunnya kemampuan tubuh untuk melakukan regenerasi tulang yaitu pergantian sel-sel tulang yang telah rusak atau rapuh (Limbong & Syahrul, 2015).

Kasus osteoporosis cenderung meningkat dan menjadi masalah kesehatan serius baik di Indonesia maupun dunia (Rajaratenam, Martini, & Lipoeto, 2014). Osteoporosis bukan penyakit menular namun memiliki nilai morbiditas, disabilitas dan fatalitas yang tinggi (Limbong & Syahrul, 2015). Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa osteoporosis menjadi salah satu penyakit yang memiliki urgensi tinggi dan membutuhkan perhatian serius karena dapat mengakibatkan patah tulang, cacat tubuh, bahkan dapat menimbulkan komplikasi hingga kematian (Limbong & Syahrul, 2015). Maka dari itu sangat penting untuk mempelajari lebih dalam mengenai osteoporosis, yakni penyebab, dampak,

pengecahan dan penanganannya. Selain itu, studi literatur yang lebih mendalam mengenai osteoporosis dapat membantu dalam meningkatkan pengetahuan, refleksi diri, serta pemahaman mengenai keterkaitan sel dan nilai etika dengan teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk menangani osteoporosis terutama kondisi yang sudah mencapai fraktur kompresi tulang belakang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui teknologi vertebroplasty dalam menangani fraktur kompresi tulang belakang manusia akibat penyakit osteoporosis. Metode penelitian yang digunakan adalah kajian literatur yang membahas empat fokus kajian yaitu struktur dan fungsi sistem tulang, kelainan struktur dan fungsi sistem tulang, mekanisme osteoporosis, serta penanganan osteoporosis menggunakan teknologi *vertebroplasty*.

### Struktur Dan Fungsi Sistem Tulang

Tubuh manusia terdiri dari beberapa sistem organ yang saling bekerja sama dalam menjalankan fungsinya masing-masing diantaranya adalah sistem gerak. Manusia dapat bergerak karena didukung adanya sistem gerak yang terdiri dari dua alat gerak yaitu, alat gerak pasif dan alat gerak aktif. Alat gerak pasif contohnya adalah sistem rangka/tulang yang tidak dapat bergerak, sedangkan alat gerak aktif yaitu berupa otot yang mampu berkontraksi dan relaksasi (Kurniasih, 2018).

Sistem rangka pada manusia terbagi atas dua yaitu rangka aksial dan rangka apendikular. Sistem rangka aksial berupa tengkorak, tulang belakang, tulang rusuk, serta tulang dada, sedangkan rangka apendikular berupa gelang bahu dan anggota badan depan dan gelang pinggul. Sistem rangka terdiri dari dua yaitu tulang dan sendi dimana memiliki fungsi dalam menopang tubuh manusia. Tulang merupakan jaringan paling banyak yang mengisi tubuh manusia

yang memiliki struktur dengan serat *collagen* dan terbentuk dari *calcium* kaku. Tulang manusia terdiri dari tulang pipa, pendek, pipih dan tak beraturan (Parinduri, 2018). Tulang-tulang manusia ini memiliki bentuk yang berbeda sesuai penamaannya dan dengan fungsi yang berbeda-beda di mana letaknya juga ditemukan di bagian tubuh yang berbeda.

Ligamen merupakan serabut yang sangat kuat mengikat ruas-ruas tulang belakang dan serabut ini dibentuk oleh serat *collagen* yang tidak elastik, sehingga pada suatu kecelakan serabut ini akan memanjang dan ikatan antar tulang akan longgar (Wibowo, 2005). Pada dasarnya bagian luar tulang sangat kuat dan kokoh, tetapi pada bagian lainnya terdapat beberapa spons. Tubuh orang dewasa memiliki 206 buah tulang dengan variasi bentuk dan ukuran dari yang sangat kecil seperti tulang sanggurdi sampai yang terbesar berupa tulang paha. Fungsi tulang antara lain untuk melindungi organ vital, penghasil sel darah, menyimpan atau mengganti kalsium, sebagai alat gerak pasif, sebagai perlekatan otot dan memberi atau menegakkan tubuh (Hutapea, 2005). Fungsi dari tulang manusia sesuai dengan struktur tulang sendiri yang bekerja untuk menjalankan fungsinya.

Struktur tulang sangat mendukung setiap fungsi yang dimiliki. Tulang dibagi menjadi dua yakni kerangka aksial yang berjumlah 80 tulang dan kerangka apendikular terdiri dari 126 tulang. Semua struktur tulang akan mempengaruhi fungsinya dan bekerja sama untuk membantu kokohnya tulang. Sebagai contoh, rangka aksial yang terdiri dari tulang tengkorak, tulang dada, tulang rusuk, tulang ekor serta ruas tulang belakang berfungsi untuk menyusun poros tubuh dan memberikan perlindungan kepada organ di kepala, badan serta leher. Tulang hulu yang terletak di bagian atas tulang dada berfungsi

sebagai tempat melekatnya tulang rusuk yang pertama dan kedua untuk memberikan bentuk bagi tubuh manusia. Rangka apendikular meliputi *extremitas superior*, *extremitas inferior*, gelang bahu dan panggul yang memiliki fungsi sebagai penggerak yang menyusun alat gerak pada tangan dan kaki (Pearce, 2002). Struktur tulang tibia pada tulang kering dimana ukurannya lebih besar daripada tulang betis berperan untuk menahan beban atau berat tubuh.

### Kelainan Struktur Dan Fungsi Sistem Tulang

Setiap tulang akan mengalami perombakan di mana sel tulang yang rusak dan rapuh akan diganti dengan sel yang baru (Clarke, 2008). Hal ini sejalan dengan pengertian bahwa tulang adalah jaringan dinamis yang terus mengalami pembaruan dan perbaikan sepanjang hidup melalui proses perombakan tulang (Ralston, 2013). Struktur tulang mendukung fungsinya, sebagai contohnya, tulang belakang dalam kondisi normal memiliki struktur yang padat dan kuat tetapi juga lentur karena mendukung fungsinya yaitu menyokong tubuh (Dewi, et al., 2017).

Tulang dalam tubuh manusia memiliki dua jenis jaringan yaitu tulang kortikal dan tulang trabekular (Lieberman, 2018). Tulang kortikal adalah bagian yang lebih kaku dan mampu menahan tekanan tinggi namun juga dapat rapuh (Osterhoff, et al., 2016). Tulang trabekular merupakan bagian yang memiliki bahan sangat berpori, heterogen dan anisotropik serta dapat ditemukan pada bagian epifis tulang panjang dan badan vertebral (Oftadeh, Perez-Viloria, Villa-Camacho, Vaziri, & Nazarian, 2015). Kedua tulang ini terus merupakan jaringan hidup yang terus-menerus diurai dan diregenerasi oleh sel-sel tubuh (Lieberman, 2018). Pada keadaan normal, siklus pembentukan tulang yang melibatkan sel-sel tulang dan kedua

jaringan tulang ini akan membuat tulang tetap kuat (Lieberman, 2018).

Struktur tulang belakang pada penderita osteoporosis menjadi rapuh dan rongga (struktur berpori) tulang lebih besar dari pada tulang normal (Sözen & Başaran, 2017). Hal tersebut dikarenakan terjadinya ketidakseimbangan dalam regenerasi tulang di mana jaringan tulang trabekular lebih aktif dan cepat sementara tulang kortikal bekerja lebih lambat (Lieberman, 2018). Ketidakseimbangan antara kedua jaringan tulang ini juga dipengaruhi oleh kerja dari sel-sel tulang itu sendiri. Akibat terjadinya ketidakseimbangan fungsi dan mekanisme ini memicu terjadinya penyakit osteoporosis karena massa kepadatan tulang terus menurun sehingga memungkinkan terjadinya fraktur (Mardiyah & Sartika, 2014).

### Mekanisme Terjadinya Osteoporosis

Tulang memiliki empat jenis sel yang berbeda yaitu, sel osteogenik (osteoprogenitor), sel osteoblast, sel osteosit, dan sel osteoklas. Sel osteogenik berasal dari jaringan ikat mesenkim. Sel osteoblas berfungsi untuk membuat, menyekresikan serta mengendapkan ostoid sedangkan sel osteosit berfungsi sebagai medium pertukaran metabolit. Sementara itu, sel osteoklas berfungsi sebagai tempat terjadinya resorpsi, *remodelling* dan perbaikan tulang (Sihombing, Wangko, & Kalangi, 2012). Osteoblas merupakan sel mononuklear yang berasal dari sel mesenkim berfungsi untuk mensintesis protein matriks tulang kolagenous dan nonkolagenous. Sel ini terdapat pada permukaan tulang dan sel osteoklas yaitu sel penghancur tulang (Dewi, et al., 2017).

Osteoporosis terjadi apabila kerja sel osteoklas yang merupakan penghancur tulang bekerja melebihi sel osteoblas yang adalah pembentuk tulang (Limbong & Syahrul, 2015). Proliferasi osteoklas yang

berlebihan menyebabkan ketidakseimbangan dalam proses pembentukan tulang (Song, Xie, Peng, Yu, & Peng, 2015). Peningkatan aktivitas osteoklas menyebabkan terbentuk *lacuna Howship* yang dalam serta putusnya trabekula sehingga kekuatan tulang akan menjadi turun dan tulang mudah fraktur (Mardiyah & Sartika, 2014).

Osteoporosis terjadi karena terdapat penurunan jaringan tulang yang menimbulkan kerapuhan tulang (Halim & Hasan, 2015). Tulang yang mengalami osteoporosis pada jaringan tulang menyebabkan perubahan mikroarsitektur atau bentuk mikro jaringan tulang sehingga mengakibatkan turunnya kekuatan tulang dan meningkatnya kerapuhan tulang sehingga tulang menjadi mudah patah (Syafira, Suroyo, & Utami, 2020). Kerusakan mikroarsitektur dan massa tulang yang rendah mengakibatkan osteoporosis atau peningkatan fragilitas tulang dan risiko fraktur (Ramadani, 2010).

Tulang merupakan jaringan hidup yang terus-menerus bertumbuh, yang berfungsi memberikan kekuatan dan kestabilan bagi kerangka tubuh serta terus mengalami perubahan yang diakibatkan stres mekanik dan mengalami pembongkaran, perbaikan serta pergantian sel (Halim & Hasan, 2015). Osteoporosis pada tulang ditandai dengan adanya penurunan kekuatan tulang, yakni penggambaran dari densitas atau kepadatan tulang dan kualitas tulang (Lestari, 2016). Kepadatan mineral tulang (KMT) dinyatakan sebagai gram mineral per sentimeter persegi atau volume tulang, sedangkan kualitas tulang ditentukan oleh KMT, tingkat mineralisasi, hidroksi apatit, ukuran kristal, struktur kolagen, heterogenitas mikrostruktur tulang, konektivitas trabekula, dan *microdamage* tulang (Wiyasa, 2019).

Sistem tulang atau sistem rangka merupakan kerja sama antara tulang-tulang

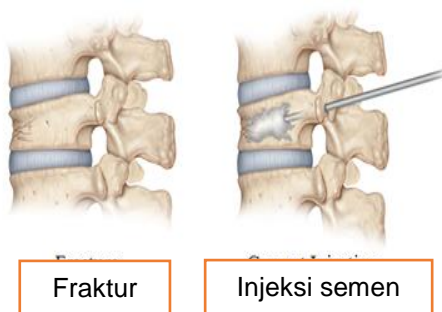
yang dapat menyebabkan tubuh dapat berdiri tegak, melekatnya otot sehingga memungkinkan jalannya pembuluh darah, hingga tempat sumsum tulang dan saraf yang melindungi jaringan lunak (Iriani, 2015). Mekanisme osteoporosis pada sistem tulang disebabkan terjadinya kolaps atau hancur sehingga mengakibatkan nyeri punggung menahun bahkan jika beberapa tulang hancur maka akan terbentuk kelengkungan abnormal dari tulang belakang (Syam, Noersasongko, & Sunaryo, 2014). Beberapa hal yang terjadi pada sistem tulang akibat osteoporosis adalah postur tubuh membungkuk, tinggi badan menurun, serta tulang sering mengalami keretakan atau cedera (Sari & Realize, 2019).

### Penanganan Osteoporosis Menggunakan Teknologi *Vertebroplasty*

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk menangani osteoporosis adalah *Vertebroplasty*. *Percutaneous vertebroplasty* (PV) merupakan penanganan osteoporosis dengan injeksi langsung semen medis (*polymethylmethacrylate* [PMMA]) pada tulang yang keropos maupun retak, karena dapat meredakan nyeri dengan lebih cepat serta memungkinkan ambulasi pasca operasi dengan cepat (Martikos, et al., 2019). *Vertebroplasty* juga merupakan pengobatan yang secara luas diterapkan

untuk menangani fraktur kompresi simtomatik tulang belakang (Luetmer, Bartholmai, Kallmes, & Kallmes, 2011).

Pasien akan dilakukan anestesi sebelum penerapan teknologi *vertebroplasty* dengan beberapa alasan, yaitu pasien osteoporosis dengan fraktur tulang belakang yang berdekatan seringkali merupakan pasien usia lanjut yang mungkin menunjukkan berbagai patologi bersamaan, interaksi verbal dengan pasien yang memungkinkan verifikasi sensitivitas langsung dan konstan serta fungsi motorik anggota tubuh bagian bawah selama seluruh prosedur pembedahan terutama selama injeksi semen (Martikos, et al., 2019). Pasien yang akan melakukan *vertebroplasty* pertama-tama akan dilakukan anestesi lokal di bawah kulit periosteum dengan menggunakan jarum spinal ukuran 22, selanjutnya jarum *vertebroplasty* dimasukkan ke dalam laras dari pedikel dan ke dalam tulang belakang, jarum akan dimasukkan dengan hati-hati serta digerakkan secara perlahan menggunakan palu ortopedi kecil ke dalam tulang belakang, saat jarum sudah berada pada tempat yang sesuai. Semen dapat disuntikkan di bawah pengamatan fluoroskopik dan idealnya berada pada bagian anterior tulang belakang dari atas hingga ke bawah (Hargunani, et al., 2012).



Gambar 1: Fraktur tulang dan injeksi semen

Sumber gambar: <https://images.app.goo.gl/YARZVtSb2xavcBzr9>

Pasien akan dilakukan anestesi sebelum penerapan teknologi *vertebroplasty* dengan beberapa alasan, yaitu pasien osteoporosis dengan fraktur tulang belakang yang berdekatan seringkali merupakan pasien usia lanjut yang mungkin menunjukkan berbagai patologi bersamaan, interaksi verbal dengan pasien yang memungkinkan verifikasi sensitivitas langsung dan konstan serta fungsi motorik anggota tubuh bagian bawah selama seluruh prosedur pembedahan terutama selama injeksi semen (Martikos, et al., 2019). Pasien yang akan melakukan *vertebroplasty* pertama-tama akan dilakukan anestesi lokal di bawah kulit periosteum dengan menggunakan jarum spinal ukuran 22, selanjutnya jarum *vertebroplasty* dimasukkan ke dalam laras dari pedikel dan ke dalam tulang belakang, jarum akan dimasukkan dengan hati-hati serta digerakkan secara perlahan menggunakan palu ortopedi kecil ke dalam tulang belakang, saat jarum sudah berada pada tempat yang sesuai. Semen dapat disuntikkan di bawah pengamatan fluoroskopik dan idealnya berada pada bagian anterior tulang belakang dari atas hingga ke bawah (Hargunani, et al., 2012).

Penanganan osteoporosis menggunakan teknologi *vertebroplasty* memiliki manfaat seperti meredakan nyeri dengan segera, meningkatkan kemampuan gerak dan membatasi penggunaan obat-obatan anti nyeri (Hargunani, et al., 2012). Hargunani (2012) mengatakan bahwa *vertebroplasty* juga memiliki efek samping berupa komplikasi apabila terjadi kebocoran PMMA neurologis atau vaskular, patah tulang belakang yang berdekatan, sejumlah kecil kasus mungkin terdapat radikulopati akibat kebocoran PMMA di foramen saraf, emboli paru hingga kerusakan medulla spinalis apabila melakukan suntik PMMA pada dinding posterior. Proses penginjeksian PMMA harus dihentikan apabila terjadi

kebocoran agar tidak berdampak pada sistem saraf (Firanescu, Vries, & Lodder, 2018).

## PEMBAHASAN

Setiap bagian pada sistem tulang diciptakan dengan struktur unik yang mendukung fungsinya (Dewi, et al., 2017). Seperti halnya sel dalam tubuh manusia yang memiliki kompleksitas dan rancangan cerdas yang menunjukkan adanya penciptaan yang luar biasa (Pretorius, 2013). Struktur dan karakteristik dari penyusun sistem tulang bekerja sesuai dengan fungsinya di mana struktur selalu mendukung fungsi sistem tulang. Ketika tulang tidak melakukan fungsinya dengan baik, hal tersebut mengindikasikan bahwa terjadi ketidaksesuaian di dalam tubuh baik dari tingkat sel, jaringan, organ maupun sistem dalam tubuh. Osteoporosis merupakan salah satu keadaan yang mengindikasikan terjadinya ketidaksesuaian mekanisme yang terjadi pada tulang manusia.

Tandra (2009) menyatakan bahwa osteoporosis merupakan penyakit skeletal sistemik di mana massa tulang menjadi lebih tipis dan rapuh. Penyakit ini juga dikenal dengan penyakit golongan *silent disease* karena penyakit ini hanya memiliki gejala yang sedikit (Halim & Hasan, 2015). Penyakit osteoporosis dapat diderita oleh usia kanak-kanak hingga lanjut usia, tetapi pada umumnya karena gejala yang ditunjukkan tidak banyak akan terlihat pada usia dewasa dan lanjut usia. Sistem tulang perlu diperhatikan kesehatannya dengan menjaga gaya hidup seperti mengkomsumsi vitamin D ataupun kalsium yang cukup untuk tulang.

Penyakit osteoporosis akan semakin parah jika tidak segera mendapat penanganan. Fraktur kompresi tulang belakang menjadi salah satu dampak terburuk dari osteoporosis. Terjadinya fraktur kompresi tulang belakang akan menyebabkan nyeri pada tulang dan otot,

patah tulang, tulang punggung yang semakin membungkuk dan menurunnya tinggi badan (Center, Biluc, Nguyen, Nguyen, & Eisman, 2011). Gejala-gejala dari sistem tulang mampu mempengaruhi sistem lain dalam tubuh. Mengingat bahwa osteoporosis terjadi pada tulang, maka hal ini juga akan berpengaruh pada otot. Otot lurik merupakan otot yang kerjanya dikendalikan secara *volunteer* dan fungsinya ialah untuk bergerak. Otot ini menempel pada tulang dengan diikat oleh jaringan yaitu tendon, saat otot lurik berkontraksi, maka tendon ini akan menggerakkan tulang.

Masalah yang terjadi pada tulang atau sistem tulang secara keseluruhan pada tulang dapat mempengaruhi sistem lain di dalam tubuh terutama otot. Osteoporosis juga berkaitan erat dengan sistem hormon, terutama hormon esterogen. Berkurangnya hormon estrogen, menjadi salah satu penyebab terjadinya osteoporosis (KEMENKESRI, 2015). Ditinjau berdasarkan tingkat seluler, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia menyebutkan bahwa salah satu penyebab utamanya ialah di mana kerja osteoklas melebihi kerja osteoblas. Pada dasarnya, dalam keadaan normal, sel tulang yaitu sel pembangun (osteoblas) dan sel pembongkar (osteoklas) harus bekerja silih berganti, saling mengisi dan seimbang. Keseimbangan kinerja sel ini akan membuat tulang utuh dan kokoh dalam menopang dan melakukan fungsinya pada tubuh manusia.

Osteoporosis merupakan salah satu penyakit yang tingkat penyembuhannya minim dan teknologi yang ada hanya membantu pasien untuk menangani dan mencegah beberapa risiko yang terjadi. Tulang yang mengalami gangguan atau kerusakan akan mempengaruhi aktivitas dan produktivitas manusia. Penanganan terkini terkait penyakit ini adalah teknologi *vertebroplasty*. Teknologi ini dapat membedakan secara benar antara kebocoran

semen simtomatik dan asimtomatik (Martikos, et al., 2019). Teknologi ini akan membantu pasien osteoporosis yang mengalami fraktur kompresi tulang mengurangi rasa sakit dan nyeri dengan segera (Hargunani, et al., 2012).

Teknologi *vertebroplasty* memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi, menurut laporan, tingkat keberhasilannya mencapai 97% pada pasien tertentu dan dilaporkan juga bahwa komplikasi utama melalui penanganan osteoporosis menggunakan teknologi ini berkisar pada tingkat 1-6%. Meskipun penggunaan *vertebroplasty* relatif aman, namun semen yang diinjeksikan terkadang mengalami kebocoran jika tidak dilakukan dengan hati-hati. Kebocoran semen ini akan berpotensi merugikan karena mempengaruhi fungsi neurologis (Bokov, Mlyavykh, Aleynik, Kutlaeva, & Anderson, 2016). Mekanisme penggunaan teknologi ini adalah dengan menginjeksikan semen pada tulang. Semen tulang tersebut merupakan polimetil metakrilat (PMMA) yang banyak digunakan untuk fiksasi *implant* dalam berbagai bedah ortopedi dan trauma. PMMA bertindak sebagai pengisi ruang yang menciptakan kerapatan atau menutup rongga besar yang terdapat pada tulang yang mengalami osteoporosis. Semen tulang ini bersifat sebagai perekat (Vaishya, Chauhan, & Vaish, 2013). Sebagian besar semen tulang mengandung kalsium fosfat dan magnesium fosfat yang akan membantu meningkatkan regenerasi sel pembentuk. Magnesium fosfat memiliki manfaat untuk membangun sel tulang yang baru yakni membantu aktivasi vitamin D. Aktivasi ini untuk mengatur kalsium fosfat untuk meningkatkan pertumbuhan dan pembentukan tulang. Kalsium fosfat ialah penyusun pada tulang dan gigi yang mampu menginduksi respon biologis dalam pembentukan tulang dengan adanya penyerapan mineral tulang (Tangalayuk, Suarsana, & Utama, 2015).

## SIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI

Tulang merupakan jaringan yang paling banyak mengisi tubuh. Tulang memiliki struktur mempengaruhi dan mendukung fungsi dari tulang itu sendiri. Tulang dalam tubuh akan selalu melakukan perombakan dan perbaikan oleh sel-sel tulang. Tulang memiliki struktur berongga kecil, namun pada penderita osteoporosis tulang menjadi rapuh dan rongga (struktur berpori) lebih besar dari pada tulang normal. Adanya proses perombakan dan perbaikan tulang oleh sel-sel akan membuat tulang tetap kuat dan kokoh. Osteoporosis terjadi karena adanya penurunan jaringan tulang yang menimbulkan kerapuhan tulang serta kerusakan mikroarsitektur pada tulang. sel-sel pembongkar pada tulang bekerja secara berlebihan sehingga terjadi ketidakseimbangan dengan kinerja sel pembangun. Osteoporosis juga dipicu oleh gaya hidup manusia yang kurang baik seperti merokok, meminum minuman beralkohol, penggunaan obat – obatan tertentu bahkan gaya hidup yang tidak aktif dan kurang bergerak serta faktor usia yang juga diikuti dengan menurunnya kemampuan sel-sel

tubuh. Oleh karena itu, kita manusia hendaknya menjaga tubuh kita agar kerja dari sel-sel dalam tubuh tetap stabil dalam menunjang fungsinya. Teknologi *vertebroplasty* cukup efektif dalam menangani osteoporosis dengan menggunakan semen tulang yang dapat membantu regenerasi sel pembangun (osteoblas). Dengan menyuntikkan semen tulang dapat dihasilkan sel-sel baru yang akan bekerja dalam fungsi tulang. Semen tulang dibentuk oleh zat-zat kimia yang berperan penting dalam regenerasi sel dan membantu memperkokoh tulang.

Saran yang dapat diberikan antara lain bagi penulis sendiri yaitu, penulis masih harus memperdalam materi dan mencari berbagai informasi agar mampu menyampaikan keterkaitan antara penyakit yang dibahas, teknologi yang digunakan dan keterkaitannya dengan sel secara lebih spesifik. Selain itu disarankan juga bagi pembaca dan peneliti-peneliti yang tertarik meneliti pokok bahasan yang sama, sangat perlu dilakukan penelitian dan eksperimen secara lebih lanjut tentang teknologi ini untuk mengenalkan kepada masyarakat dan meninjau efek samping yang perlu diatasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bokov, A., Mlyavykh, S., Aleynik, A., Kutlaeva, M., & Anderson, G. (2016). The potential impact of venobasillar system morphology and applied technique on epidural cement leakage with percutaneous vertebroplasty. *Pain Physician*, 19(1), 357-362. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27454265/>
- Center, J., Biluc, D., Nguyen, N., Nguyen, T., & Eisman, J. (2011). Osteoporosis medication and reduced mortality risk in elderly women and men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 96(4), 1006-1014. doi:<https://doi.org/10.1210/jc.2010-2730>
- Clarke, B. (2008). Normal bone anatomy and physiology. *Clinical journal of the American Society of Nephrology : CJASN*, 3(Suppl 3), S131-S139. doi:<https://doi.org/10.2215/CJN.04151206>
- Dewi, P., Sabri, M., Rahmi, E., Jalaluddin, M., Asmilia, N., & Azhar, A. (2017). Density of lumbal vertebrae bone ovariectomized rat (*rattus norvegicus*) given the extract sipatah



- patah (cissus quadrangularis salisb). *Jurnal Medika Veterinaria*, 14(1), 39-44. doi:<https://doi.org/10.21157/j.med.vet.v11i1.4065>
- Firanesu, C. E., Vries, J. d., & Lodder, P. (2018). Vertebroplasty versus sham procedure for painful acute osteoporotic vertebral compression fractures (vertos iv): randomised sham controlled clinical trial. *TheBMJ*, 1(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1136/bmj.k1551>
- Florencio Silva, R., Sasso, G. R., Sasso Cerri, E., Simões, M. J., & Cerri, P. S. (2015). Biology of bone tissue: Structure, function, and factors that Influence bone cells. *BioMed Research International*, 1-17. doi:10.1155/2015/421746
- Halim, S., & Hasan, S. (2015). Penerapan metode certainty factor dalam sistem pakar pendeteksi resiko osteoporosis dan osteoarthritis. *ULTIMA Computing*, 2(2), 59-69. doi:<https://doi.org/10.31937/sk.v7i2.233>
- Hargunani, R., Corroller, T. L., Khashoggi, K., Liu, D. M., Marchinkow, L. O., Mudri, M. J., . . . Munk, P. L. (2012). An overview of vertebroplasty: current status, controversies, and future directions. *Canadian Association of Radiologis Journal*, 63, 63(3 suppl), 11-17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carj.2012.04.001>
- Hutapea, A. M. (2005). *Keajaiban-Keajaiban : dalam Tubuh Manusia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Umum.
- Iriani, S. (2015). Penerapan metode backward chaining pada sistem pakar diagnosa penyakit tulang manusia. *IJNS – Indonesian Journal on Networking and Security*, 4(1), 51-55. doi:<http://dx.doi.org/10.1123/ijns.v4i1.1319>
- Kawiyana, I. K. (2009). Osteoporosi patogenesis diagnosis dan penangana terkini. *Journal Of Internal Medicine*, 10(2), 157-170.
- KEMENKESRI. (2015). Data & Konsiai Penyakit Osteoporosis di Indonesia. InfoDatin, 1.
- Kurniasih, T. (2018). *Sistem Organ Manusia*. Yogyakarta: Deepublish.
- Lestari, N. M. (2016). Latihan fisik dan osteoporosis pada wanita postmenopause. *Jurnal Penjakora*, III(1), 92-101. doi:<http://dx.doi.org/10.23887/penjakora.v3i1.11672>
- Lieberman, I. H. (2018, 1 17). *Tentang kami: Remedy Health Media*. Retrieved from Situs Web Remedy Health Media: <https://www.spineuniverse.com>
- Limbong, E. A., & Syahrul, F. (2015). Rasio resiko osteoporosis menurut indeks massa tubuh, paritas, dan konsumsi kafein. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 3(2), 194-204. doi:<http://dx.doi.org/10.20473/jbe.V3I22015.194-204>
- Luetmer, M. T., Bartholmai, B. J., Kallmes, R., & Kallmes, D. (2011). Asymptomatic and unrecognized cement pulmonary embolism commonly occurs with vertebroplasty. *ANJR*, XXX(2), 654-657. doi:<https://doi.org/10.3174/ajnr.A2368>
- Mardiyah, S., & Sartika, R. A. (2014). Gangguan kepadatan tulang pada orang dewasa di daerah urban dan rural. *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 8(6), 272-279. doi:<http://dx.doi.org/10.21109/kesmas.v0i0.380>
- Mardiyah, S., Sartika, R., A. (2014). Gangguan kepadatan tulang pada orang dewasa di daerah urban dan rural. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 8(6), 272-279. Retrieved from <http://jurnalkesmas.ui.ac.id/index.php/kesmas/article/download/380/379>
- Martikos, K., Gregg, T., Vommaro, F., Boriani, L., Scarale, A., Zarantonello, P., . . . Zucchini, R. (2019). Vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. *Dovepress*, 11(1), 157-161. doi:<https://doi.org/10.2147/OARRR.S174424>
- Mohamed, A. M. (2008). An overview of bone cells and their regulating factors of differentiation. *The Malaysian journal of medical sciences : MJMS*, 15(1), 4-12.
- Oftadeh, R., Perez-Viloria, M., Villa-Camacho, J. C., Vaziri, A., & Nazarian, A. (2015). Biomechanics and mechanobiology of trabecular bone: a review. *Journal of biomechanical engineering*, 137(1), 0108021–01080215. doi:<https://doi.org/10.1115/1.4029176>

- Osterhoff, G., Morgan, E. F., Shefelbine, S. J., Karim, L., McNamara, L. M., & Augat, P. (2016). Bone mechanical properties and changes with osteoporosis. *Injury*, 47(Suppl 2), S11–S20. doi: [https://doi.org/10.1016/S0020-1383\(16\)47003-8](https://doi.org/10.1016/S0020-1383(16)47003-8)
- Parinduri, A. G. (2018, Januari). Identifikasi Tulang Belulang. *Anatomica Medical Journal*, 1(1), 2.
- Pearce. (2002). *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Pretorius, M. (2013). The remarkable cell: Intelligently designed or by evolutionary process? *Verbum Eccles*, 34(1), 82-89. Retrieved November 22, 2020, from [http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2074-77052013000100010&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-77052013000100010&lng=en&tlng=en)
- Rajaratenam, S. G., Martini, R. D., & Lipoeto, N. I. (2014). Hubungan tingkat pengetahuan dan sikap dengan tindakan. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 3(2), 225-228.
- Ralston, S. H. (2013). Bone structure and metabolism. *Medicine*, 41(10), P581-585. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mpmed.2013.07.007>
- Ramadani, M. (2010). Faktor-faktor resiko osteoporosis dan upaya pencegahannya. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(2), 111-115. Retrieved from <http://jurnal.fkm.unand.ac.id/index.php/jkma/article/view/78/84>
- Sari, M., & Realize, P. (2019). Sistem pakar mendiagnosa penyakit osteoporosis pada lansia menggunakan metode forward chaining berbasis web. *Jurnal Ilmiah Informatika*, VII(1), 1-7. Retrieved from <http://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/jif/article/view/906/673>
- Sihombing, I., Wangko, S., & Kalangi, S. J. (2012). Peran estrogen pada remodeling tulang. *Jurnal Biomedik*, 4(3), 18-28. Retrieved from <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/biomedik/article/download/1210/980>
- Song, L., Xie, X.-B., Peng, L.-K., Yu, S.-J., & Peng, Y.-T. (2015). Mechanism and treatment strategy of osteoporosis after transplantation. *International Journal of Endocrinology*, 1-17. doi:10.1155/2015/280164
- Sözen, T. Ö., & Başaran, N. Ç. (2017). An overview and management of osteoporosis. *European journal of rheumatology*, 4(1), 46-56. doi: <https://doi.org/10.5152/eurjrheum.2016.048>
- Syafira, I., Suroyo, R. B., & Utami, T. N. (2020). Analisis faktor yang mempengaruhi osteoporosis pada ibu menopause di puskesmas stabat kabupaten langkat. *Jurnal JUMANTIK*, 5(1), 65-77. Retrieved from <http://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/kesmas/article/download/6776/3120>
- Syam, Y., Noersasongko, D., & Sunaryo, H. (2014). Fraktur akbiat osteoporosis. *Jurnal E-Clinic (ECL)*, II(2), 1-6. doi:<https://doi.org/10.35790/ecl.2.2.2014.4885>
- Tandra, H. (2009). *Segala sesuatu yang harus anda ketahui tentang osteoporosis: Mengenal, mengatasi, dan mencegah*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Tangalayuk, R., Suarsana, I. N., & Utama, I. (2015, Februari). Kadar Kalsium dan Fosfor pada Tulang Tikus Betina yang diberi Tepung Tempe Rendah Lemak. *Buletin Veteriner Udayana*, 7(1), 63.
- Vaishya, R., Chauhan, M., & Vaish, A. (2013). Bone cement. *Journal of clinical orthopaedics and trauma*, 4(4), 157–163. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcot.2013.11.005>
- Wibowo, D. S. (2005). *Anatomi Tubuh Manusia*. Jakarta: Grasindo.
- Wiyasa, I. W. (2019). *Penatalaksanaan osteoporosis*. Malang: Universitas Brawijaya Press. Retrieved from [https://books.google.co.id/books?id=ln\\_RDwAAQBAJ&dq=mekanisme+osteoporosis+pada+tulang&lr=&hl=id&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.co.id/books?id=ln_RDwAAQBAJ&dq=mekanisme+osteoporosis+pada+tulang&lr=&hl=id&source=gbs_navlinks_s)