

**DEPARTEMEN RADIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**HASIL PENELITIAN
OKTOBER**

**KORELASI ATENUASI TRABEKULAR L1 PADA CT
SCAN DENGAN KEJADIAN FRAKTUR KOMPRESI
VERTEBRA ASIMTOMATIK**



OLEH :

dr. Samuel

C125182005

Pembimbing:

Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad (K)

Dr.dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K)

Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, M.KM

Penguji :

Dr. dr Karya Triko Biakto, M.Kes, Sp.OT (K) Spine, MARS

Dr. dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K), M.Med.Ed

PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)

PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI

FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

**KORELASI ATENUASI TRABEKULAR L1 PADA CT SCAN DENGAN
KEJADIAN FRAKTUR KOMPRESI VERTEBRA ASIMTOMATIK**

***L1 TRABECULAR ATTENUATION CORRELATION WITH ASYMPTOMATIC
VERTEBRAE COMPRESSION FRACTURE ON CT SCAN***

Karya Akhir

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Dokter Spesialis
Program Studi Ilmu Radiologi

Disusun dan Diajukan Oleh:

SAMUEL

Kepada

PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (SP-1)

PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**KORELASI ATENUASI TRABEKULAR L1 PADA CT SCAN DENGAN
KEJADIAN FRAKTUR KOMPRESI VERTEBRA ASIMTOMATIK**

Disusun dan diajukan oleh :

SAMUEL

Nomor Pokok : C125182005

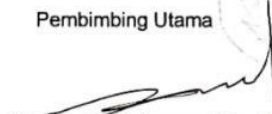
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Pendidikan Dokter Spesialis Program Studi
Pendidikan Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin
pada tanggal 26 Oktober 2022


dan dinyatakan telah memenuhi syarat
kelulusan

Menyetujui :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas Sp.Rad (K)
NIP.19520112 198312 1 001


Dr. dr. Mirna Muis Sp.Rad (K)
NIP.19710908 200212 2002

Ketua Program Studi Radiologi

Dekan Fakultas Kedokteran


Dr. dr. Mirna Muis Sp.Rad (K)
NIP. 19710908 200212 2 002


Prof. Dr. dr. Haerani Rasid M.Kes. Sp.PD-KGH. Sp.GK(K)
NIP.19680530 199603 2 001



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : dr Samuel

NIP/NIK : C125182005

Afiliasi : Departemen Radiologi RSUP dr Wahidin
Sudirohusodo Makasasar

Email : samuelmoniyong@gmail.com

No Telp/WA : 081315151517

Menyatakan bahwa artikel saya yang berjudul :

Korelasi Atenuasi Trabekular L1 Pada CT Scan Dengan Kejadian Fraktur Kompresi Vertebra Asimtomatik

Merupakan artikel asli tulisan/penelitian saya dan belum pernah dipublikasi atau sedang diproses untuk publikasi di media apapun.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan bila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia untuk menerima sanksi akademik serta sanksi lainnya sesuai norma dan aturan yang berlaku.

Makasssr , 6 Desember 2022

Yang menyatakan



(dr.Samuel)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan YME atas berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan karya akhir ini yang berjudul **“Korelasi Atenuasi Trabekular L1 Pada CT Scan Dengan Kejadian Fraktur Kompresi Vertebra Asimtomatik ”**. Karya akhir ini disusun sebagai tugas akhir dalam Program Studi Dokter Spesialis-1 (Sp-1) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Saya menyadari bahwa karya akhir ini masih sangat jauh dari sempurna sehingga dengan segala kerendahan hati saya mengharapkan kritik, saran dan koreksi dari semua pihak. Banyak kendala yang dihadapi dalam rangka penyusunan karya akhir ini, namun berkat bantuan berbagai pihak maka karya akhir ini dapat juga selesai pada waktunya.

Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad (K) selaku Ketua Komisi Penasehat
2. Dr.dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K) selaku Sekretaris Komisi Penasehat
3. Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, M.KM selaku Anggota Komisi Penasehat
4. Dr. dr Karya Triko Biakto, M.Kes, Sp.OT (K) Spine, MARS selaku Anggota Komisi Penasehat
5. Dr. dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K)., M.Med.Ed selaku Anggota Komisi Penasehat

Atas segala arahan, bimbingan, dan bantuan yang telah diberikan mulai dari pengembangan minat terhadap permasalahan, pelaksanaan selama penelitian hingga penyusunan dan penulisan sampai dengan selesainya karya akhir ini. Saya ucapkan terima kasih atas segala arahan, nasehat dan bimbingan yang telah diberikan selama saya menjalani pendidikan di Bagian Radiologi FK UNHAS ini.

Pada kesempatan ini pula saya ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan saya kepada:

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Ketua TKP-PPDS FK UNHAS, Ketua Konsentrasi PPDS Terpadu FK UNHAS dan Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu di Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makassar.
2. dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K), M.Med.Ed selaku Kepala Bagian Departemen Radiologi Universitas Hasanuddin, Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad(K) selaku Ketua Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin dan Kepala Instalasi RSPTN Universitas Hasanuddin, dr. Eny Sanre, Sp.Rad (K), M.Kes selaku Kepala Instalasi Radiologi RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo, Prof. Dr. dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad (K), Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad. (K), dr. Nurlaily Idris, Sp.Rad (K), dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K), dr. Junus Baan, Sp.Rad (K), dr. Luthfy Attamimi, Sp.Rad, dr. Dario Nelwan, Sp.Rad(K), dr. Rafika Rauf, Sp.Rad (K), M.Kes, dr. Rosdianah, Sp.Rad, M.Kes, dr. Isqandar Mas'oud, Sp.Rad (Alm), dr. Sri Muliati, Sp.Rad, Dr. dr. Shofiyah Latief, Sp.Rad (K), dr. Erlin Sjahril, Sp.Rad (K), dr. Suciati Damopolii, Sp.Rad(K), M.Kes, dr. St. Nasrah Aziz, Sp.Rad, dr. Achmad Dara, Sp.Rad, dr. Isdiana Kaelan, Sp.Rad, dr. Amir, Sp.Rad, dr. M. Abduh, Sp.Rad, dr. Taufiqulhidayat, Sp.Rad, dr. Besse Arfiana Arif, Sp.Rad (K), M.Kes, dr. Alia Amalia, Sp.Rad, dan dr. Nur Amelia Bachtiar, MPH, Sp.Rad, serta seluruh pembimbing dan dosen luar biasa dalam lingkup Bagian Radiologi FK- UNHAS atas arahan dan bimbingan selama saya menjalani pendidikan.
3. Direksi beserta seluruh staf RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk menjalani pendidikan di rumah sakit ini.
4. Para staf Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, staf Administrasi Bagian Radiologi FK UNHAS, dan Radiografer Bagian Radiologi RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas bantuan dan kerja samanya.

5. Istri saya dr. Risco Purba, anak saya Joshua Gibbor Moniyong, kedua orang tua saya Ayah Ir Eduar Johan Moniyong dan Ibu Elly Tioria Hutagalung, mertua saya Esdiman Purba dan Alm Hormalina Sinaga., Kakak saya dr Siska Dame Christensen, Priskila Theodora beserta seluruh Keluarga Besar, yang sangat saya cintai dan hormati yang dengan tulus dan penuh kasih sayang senantiasa memberikan dukungan, bantuan dan selalu mendoakan saya.
6. Teman PPDS terbaik angkatan Januari 2019 (Suryani, Nelly, Danang Pamorhadi Burhanuddin, Dini Kuswiandri, Nazmiansyah, Rosmini Amin, Andi Helgasari Nurlan, Sri Numiyanti, Dwi Pratiwi) serta seluruh teman PPDS Radiologi lainnya yang telah banyak memberikan bantuan materi, motivasi dan dukungan kepada saya dan keluarga selama masa pendidikan dan penyelesaian karya akhir ini.
7. Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan dukungan, bantuan dan doanya. Saya ucapkan banyak terima kasih.

Melalui kesempatan ini pula perkenankan saya mengucapkan mohon maaf sebesar-besarnya atas segala kesalahan dan kekhilafan saya baik disengaja maupun tidak kepada semua pihak selama menjalani pendidikan ini.

Saya berharap semoga karya akhir ini bermanfaat bagi kita semua dan dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan Ilmu Radiologi di masa yang akan datang. Semoga Tuhan YME senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta membalas budi baik kepada semua pihak yang telah memberikan dukungannya.

Salam Sejahtera

Makassar, 8 Desember 2022

Samuel

ABSTRAK

SAMUEL. *Korelasi Atenuasi Trabekular L1 Pada CT Scan dengan Kejadian Fraktur Kompresi Vertebra Asimtomatik* (dibimbing oleh Muhammad Ilyas dan Mirna Muis).

Fraktur kompresi vertebra sering terjadi sebagai akibat dari osteoporosis dan prevalensi pada fraktur kompresi vertebra meningkat sesuai dengan usia. Risiko untuk mengalami fraktur vertebra sangat berhubungan erat dengan menurunnya densitas tulang. Beberapa tahun terakhir banyak penelitian telah merekomendasikan skrining oportunistik untuk osteoporosis menggunakan nilai *hounsfield unit vertebra* yang diukur dari pemeriksaan CT. Namun, belum banyak dilakukan studi yang mempelajari hubungan atenuasi L1 dengan fraktur kompresi vertebra sehingga membutuhkan studi lebih lanjut. Penelitian ini menggunakan desain *cross sectional* untuk mengetahui korelasi atenuasi *hounsfield unit trabecular L1* pada CT Scan dengan kejadian fraktur kompresi vertebra yang menggunakan data sekunder pasien yang melakukan pemeriksaan CT scan abdomen di Departemen Radiologi RSUP dr. Wahidin Sudirohusodo dengan eksklusi pasien dengan klinis keganasan, infeksi tulang belakang, dan trauma. Penelitian dilakukan sejak bulan Oktober 2021 - Juli 2022. Sampel sebanyak 79 yang terbagi atas 43 sampel nonfraktur dan 36 sampel dengan fraktur untuk dilakukan atenuasi trabekula L1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rerata nilai atenuasi trabecular corpus vertebra L1 pada CT scan kelompok fraktur kompresi dan nonkompresi vertebra dengan p-value yang signifikan. Nilai korelasi antara atenuasi trabecular corpus vertebra L1 pada CT scan dengan derajat fraktur yang dihasilkan bernilai negatif menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai atenuasi, maka cenderung menurunkan derajat fraktur kompresi vertebra. Nilai atenuasi ≥ 119 cenderung tidak mengalami fraktur dengan sensitivitas sebesar 79,07% dan spesivitas 63,89%

Kata kunci: fraktur kompresi, atenuasi, *hounsfield unit*, osteoporosis, corpus vertebra



ABSTRACT

SAMUEL. *L1 Trabecular Attenuation Correlation with Asymptomatic Vertebrae Compression Fracture on CT Scan* (Supervised by Muhammad Ilyas and Mirna Muis).

Vertebral compression fractures are common as a result of osteoporosis and the prevalence of vertebral compression fractures increases with age. The risk of a vertebral fracture is related to decreased bone density. In recent years, many studies have recommended opportunistic screening for osteoporosis using the Hounsfield Unit value of the spine as measured by CT scans. However, there are still not many studies studying the relationship between L1 attenuation and vertebral compression fractures, so further studies are needed. This research used a cross-sectional design to determine the correlation of the L1 trabecular's Hounsfield Unit on CT scan with the incidence of vertebral compression fractures using secondary data from patients who had abdominal CT scans in the Radiology Department of Dr. Wahidin Sudirohusodo by excluding patients with clinical malignancies, spinal infections and trauma from October 2021 to July 2022, and total of 79 samples were obtained divided into 43 non-fracture samples and 36 fractures samples to evaluate L1 trabecular attenuation. There is mean trabecular attenuation of the vertebral body L1 difference between compression fracture and non-fracture groups with a significant p-value. There is negative correlation value between the trabecular attenuating of the L1 vertebral body on the CT scan and the grade of the fracture compression, indicating that the higher the attenuation value, the lower the degree of vertebral compression fracture. Attenuation value ≥ 119 tends not to fracture with a sensitivity of 79.07% and a specificity of 63.89%.

Keywords: compression fracture, attenuation, Hounsfield Unit, osteoporosis, corpus vertebra



DAFTAR ISI

SAMPUL	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR SINGKATAN.....	v
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Hipotesis Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Anatomi Vertebra	5
2.2. Fraktur Kompresi Vertebra	10
2.2.1. Definisi	10
2.2.2. Etiologi.....	12
2.2.3. Presentasi klinis	16
2.2.4. Pemeriksaan radiologis	18
2.2.4.1. Foto thorakal-lumbosakral konvensional.....	18
2.2.4.2. CT Scan	19
2.2.5. Penatalaksanaan	23
2.2.5.1. Penatalaksanaan non-bedah	23
2.2.5.2. Penatalaksanaan bedah	25
BAB III KERANGKA PENELITIAN	
3.1. Kerangka Teori	26
3.2. Kerangka Konsep.....	27
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	
4.1. Desain Penelitian	28
4.2. Tempat dan Waktu.....	28
4.3. Populasi Penelitian.....	28
4.4. Sampel dan Cara Pengambilan Sampel.....	28
4.5. Perkiraan Besar Sampel	29
4.6. Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	29

4.6.1. Inklusi.....	29
4.6.2. Eksklusi.....	29
4.7. Identifikasi dan Klasifikasi Variabel	30
4.8. Definisi Operasional dan Kriteria Obyektif	30
4.9. Alokasi Subjek dan Cara Kerja.....	30
4.9.1. Alokasi subjek.....	30
4.9.2. Cara kerja	31
4.9.2.1. Alat dan bahan	31
4.9.2.2. Cara kerja.....	31
4.10. Izin Penelitian dan <i>Ethical Clearence</i>	32
4.11. Alur Penelitian.....	32
4.11. Pengolahan dan Analisis Data	32
BAB V HASIL PENELITIAN	
5.1. Analisis Univariat.....	34
5.2. Deskripsi Variabel Penelitian.....	36
5.3. Uji Normalitas Data	38
5.4. Uji Korelasi Antara Nilai Atenuasi Trabekular L1 pada CT Scan dengan Kejadian Fraktur Kompresi vertebra	38
5.5 Uji Korelasi Antara Nilai Atenuasi Trabecular Corpus Vertebra L1 Pada CT Scan dengan Derajat Fraktur Kompresi Vertebra.....	39
5.6. Uji <i>Receiver Operating Characteristic</i> (ROC).....	40
BAB VI PEMBAHASAN	
6.1 Hubungan usia dan jenis kelamin dengan fraktur kompresi.....	43
6.2 Hubungan Antara Nilai Atenuasi Trabecular Corpus Vertebra L1 Pada CT Scan dengan Kejadian Fraktur Kompresi Vertebra.....	43
6.3 Keterbatasan Penelitian	44
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1. Kesimpulan.....	46
7.2. Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Columna vertebralis.....	5
Gambar 2. Fitur Vertebra thoracal cervical lumbal	6
Gambar 3. Vertebra thorakal axial.....	7
Gambar 4. Columna vertebralis sagittal	8
Gambar 5. Lateral 3D vertebra thorakolumbalis.....	8
Gambar 6. Lateral 3D PLC.....	9
Gambar 7. Ilustrasi derek mekanik tulang belakang.....	10
Gambar 8. Representasi diafgram fraktur vertebra	11
Gambar 9. Pemeriksaan CT scan fraktur kompresi.....	12
Gambar 10. Fraktur kompresi metastasis	15
Gambar 11. Fraktur kompresi traumatic.....	16
Gambar 12. Foto konvensional fraktur kompresi traumatic	18
Gambar 13. Persentasi tinggi fraktur kompresi vertebra	18
Gambar 14. Atenuasi trabecular dan fraktur kompresi pada CT Scan.....	21
Gambar 15. Genant Grading.....	22
Gambar 16. Vertebra L1 pada pemeriksaan CT scan thorax dan abdomen.....	23
Gambar 17. Pre dan pasca operasi kyphoplasty	25

DAFTAR SINGKATAN

CT	= <i>Computed Tomography</i>
HU	= <i>Hounsfield unit</i>
WHO	= <i>World Health Organization</i>
L	= <i>Lumbal</i>
T	= <i>Torakal</i>
PLC	= <i>Posterior Ligamentous Complex</i>
BMU	= <i>Basic Multicellular Units</i>
DEXA	= <i>Dual Energy X-ray Absorptiometry</i>
MRI	= <i>Magnetic Resonance Imaging</i>
BMD	= <i>Bone Mineral Density</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fraktur kompresi vertebra sering terjadi sebagai akibat dari osteoporosis, yang melibatkan kurang lebih 700.000 dari 1,5 juta fraktur akibat osteoporosis di Amerika Serikat setiap tahunnya. Prevalensi pada fraktur kompresi vertebra meningkat sesuai dengan usia, yang mencapai 40% pada usia 80 tahun. Kurang lebih 25% dari semua wanita post menopause di Amerika Serikat mengalami fraktur kompresi. (Ensrud KE et al, 2011), (Greenberg M et al, 2005), (Black DM et al, 1996), (Felsenberg D et al, 2002), (Kanis JA et al, 2002), (Fourney DR et al, 2003)

Resiko untuk mengalami fraktur vertebra sangat berhubungan erat dengan menurunnya densitas tulang. Kejadian fraktur kompresi meningkat sebanyak sekitar dua kali lipat dari setiap penurunan dibawah rata-rata standard deviasi dari densitas mineral tulang. Fraktur vertebra menyumbang sekitar 50% dari berbagai fraktur-fraktur osteoporosis, yang dapat menyebabkan disabilitas, deformitas spinal, dan bahkan kematian. (Ensrud KE et al, 2011), (Johannesdottir F et al, 2018), (Yu F et al, 2018)

Dalam pemeriksaan Computed Tomography (CT) seorang radiologis dapat mengukur radiodensitas suatu jaringan yang digambarkan melalui suatu angka yang terstandarisasi yang disebut *Hounsfield Unit*. Beberapa tahun terakhir, banyak penelitian telah merekomendasikan skrining oportunistik untuk osteoporosis menggunakan nilai *Hounsfield Unit* vertebra yang diukur dari pemeriksaan CT, yang telah menunjukkan bahwa nilai atenuasi trabekula L1 berkorelasi dengan densitas tulang. Pada studi yang dilakukan oleh Schreiber et al, nilai HU ditemukan berkorelasi cukup dengan T-skor, yang digunakan dalam pedoman WHO untuk mendiagnosis osteoporosis. Di dalam penelitian tersebut, subjek dengan kepadatan tulang yang normal memiliki rata-rata nilai HU lumbal 133,0, dan mereka yang menderita osteopenia memiliki rata-rata nilai HU lumbal 100,8, dan osteoporosis memiliki nilai HU lumbal rata-rata 78,5. Hal ini disebabkan pada osteoporosis kualitas struktur trabekula menurun sehingga

mempengaruhi kekuatan vertebra. Seiring bertambahnya usia terdapat kehilangan serta penipisan relatif yang lebih besar pada trabekula horizontal sedangkan trabekula vertikal yang tersisa cenderung untuk mempertahankan ketebalannya. Vertebra L1 merupakan vertebra yang sangat baik untuk digunakan sebagai penilaian densitas tulang karena mudah diidentifikasi pada pemindaian CT sebagai vertebra pertama yang tidak memiliki tulang rusuk, yang juga dalam praktik klinis terdapat pada semua pemeriksaan CT baik abdomen maupun thorax, dan memberikan hasil keseluruhan paling baik dalam korelasi dengan DEXA. Oleh karena itu vertebra L1 sering digunakan dalam studi-studi sebelumnya untuk menilai hubungan atenuasi Hounsfield unit dengan osteoporosis. (Romme E et al, 2012), (Lafferty FW et al 1996), (Joseph J. Schreiber et al, 2011), (Pickhardt PJ et al, 2013), (Lee SJ et al, 2015), (Hendrickson NR et al, 2018), (Anderson PA et al, 2018), (Zou D et al, 2019) (Mc Donnell et al, 2007).

Seperti dikemukakan sebelumnya bahwa nilai HU vertebra L1 ditemukan berkorelasi cukup dengan T-skor, dan kejadian fraktur kompresi meningkat sebanyak sekitar dua kali lipat dari setiap penurunan dibawah rata-rata standard deviasi T-skor, maka terdapat kemungkinan bahwa nilai HU vertebra L1 berhubungan dengan fraktur kompresi. Namun demikian masih belum banyak dilakukan studi yang mempelajari hubungan atenuasi L1 dengan fraktur kompresi vertebra sehingga membutuhkan studi lebih lanjut.

Pemeriksaan CT scan dapat menjadi modalitas awal dalam penilaian densitas tulang dan fraktur kompresi yang berhubungan, yang secara umum cukup untuk mendeteksi osteoporosis. Namun, belum dapat dipastikan apakah pengukuran atenuasi L1 menunjukkan status fraktur kompresi vertebra. Jadi studi ini berupaya untuk melihat nilai atenuasi L1 pada populasi pasien dewasa yang lebih tua yang terdiri dari pasien dengan fraktur kompresi yang tidak memiliki keluhan (asimtomatis) dan mereka yang tidak memiliki fraktur kompresi, yang menjalani CT abdomen, untuk menentukan apakah atenuasi L1 berhubungan dengan fraktur kompresi vertebra yang ada. Hal ini tentunya akan membantu penanganan pasien fraktur kompresi lebih dini dengan pengetahuan bagi klinisi mengenai nilai atenuasi yang beresiko mengakibatkan fraktur kompresi, yang menghasilkan terapi dan prognosis yang lebih baik. (Peter M. Graffy et al, 2017), (Ensrud KE et al, 2011), (Joseph J. Schreiber et al, 2011), (Sabo et al, 2017) (Wu SS et al, 2003), (Donnally III CJ et al, 2022)

1.2 Rumusan Masalah

Apakah terdapat korelasi antara atenuasi trabecular Corpus vertebra L1 pada CT scan dengan kejadian fraktur kompresi vertebra?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan umum

Untuk mengetahui korelasi antara nilai atenuasi trabecular corpus vertebra L1 pada CT scan dengan kejadian fraktur kompresi vertebra?

1.3.2. Tujuan khusus

1. Menentukan nilai atenuasi (Hounsfield unit) trabecular corpus vertebra L1 pada pemeriksaan CT pasien yang menderita fraktur kompresi vertebra
2. Menentukan korelasi antara nilai atenuasi (Hounsfield unit) trabecular corpus vertebra L1 pada pemeriksaan CT dengan kejadian fraktur kompresi vertebra
3. Menentukan korelasi antara nilai atenuasi (Hounsfield unit) trabecular corpus vertebra L1 pada pemeriksaan CT dengan derajat fraktur kompresi vertebra

1.4. Hipotesis Penelitian

H0: Tidak ada hubungan nilai atenuasi trabecular corpus vertebra L1 dengan fraktur kompresi

H1: Ada hubungan antara nilai atenuasi trabecular corpus vertebra L1 dengan fraktur kompresi

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Manfaat teoritik

- a. Mengetahui gambaran fraktur kompresi pada pemeriksaan CT scan
- b. Memberikan informasi ilmiah tentang korelasi antara atenuasi trabecular corpus vertebra L1 pada pemeriksaan CT dengan kejadian fraktur kompresi vertebra

1.5.2. Manfaat metodologi

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan pengembangan penelitian selanjutnya sebagai preventif kejadian fraktur kompresi vertebra berdasarkan temuan atenuasi lumbal pada pemeriksaan CT scan

1.5.3. Manfaat aplikatif

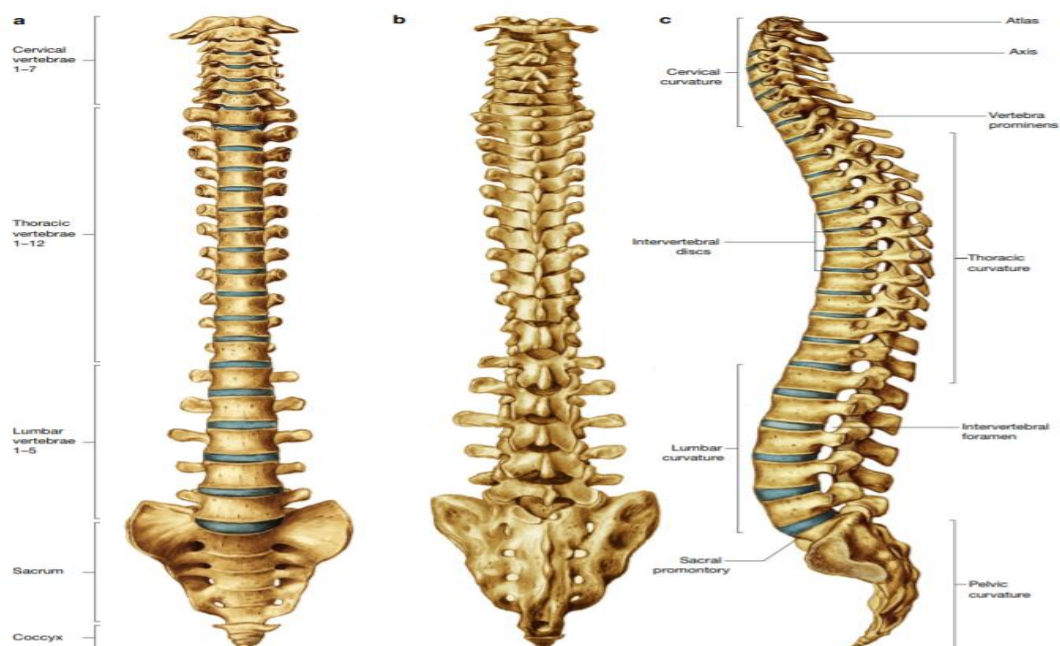
Memberikan pertimbangan untuk menggunakan nilai atenuasi trabekula corpus vertebra L1 pada pemeriksaan CT sebagai penilaian awal densitas tulang dan fraktur kompresi pada CT scan abdomen

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

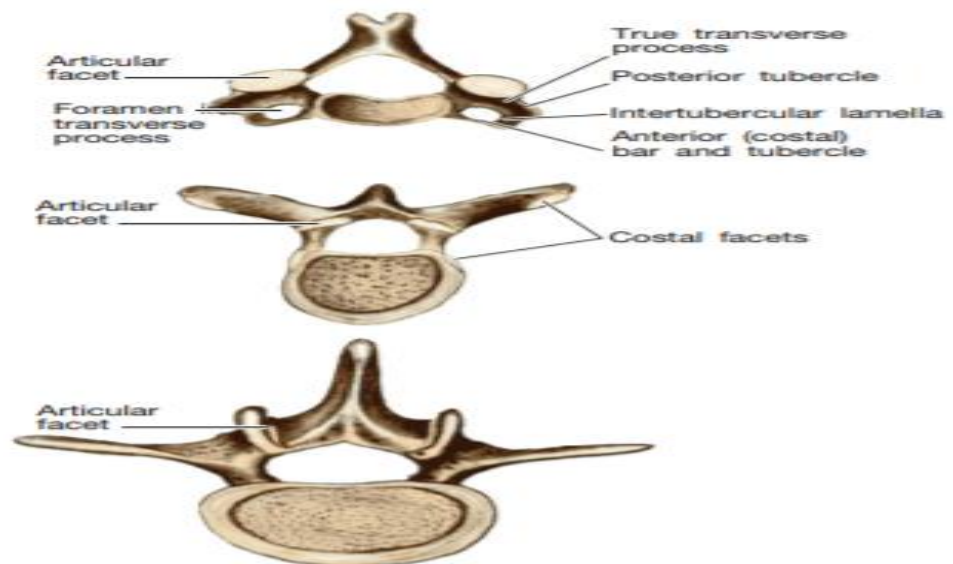
2.1. Anatomi Vertebra

Columna vertebra dewasa membentuk sekitar dua perlima dari total tinggi badan, dan terbentuk dari rantai vertikal tulang yang disebut vertebra, yang terdiri dari tujuh vertebra servikalis, dua belas vertebra torakalis, lima vertebra lumbalis, sakrum dan tulang ekor. Vertebra servikal, torakal dan lumbal disebut vertebra yang dapat digerakkan, karena setiap individu vertebra dapat bergerak relatif terhadap vertebra didekatnya. Sebaliknya sakrum dan tulang ekor, masing-masing dibentuk oleh *fusi* vertebra (lima vertebra bergabung untuk membentuk sakrum sementara empat menyatu untuk membentuk tulang ekor). Oleh karena itu sakrum dan tulang ekor disebut vertebra yang tidak dapat bergerak. (Mahadevan V, 2018)



Gambar 1. Columna vertebralis -proyeksi anterior, posterior dan lateral (Mahadevan V, 2018)

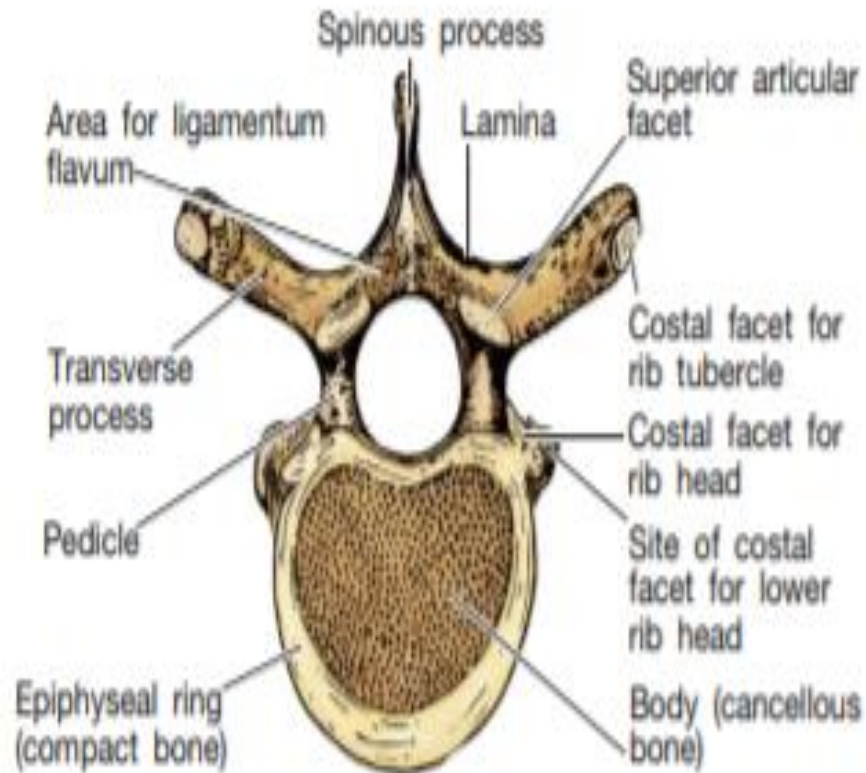
Dengan pengecualian dua vertebra serviks pertama (atlas dan axis), semua vertebra yang dapat digerakkan, baik dari daerah servikal, torakal atau lumbar, memiliki desain morfologi yang kurang lebih sama (Gambar 2). Setiap vertebra yang dapat digerakkan memiliki fitur korpus vertebra silinder di depan. Menempel di bagian belakang korpus adalah tulang melengkung (*arkus*), yang disebut lengkung vertebral (*neural arch*). Diantara keduanya adalah foramen vertebral. Pada kolumna vertebral yang berartikulasi, semua foramen tulang belakang 'bertumpuk' satu di atas yang lainnya dan membentuk, secara kolektif, kanal vertebral (kanal tulang belakang). Menempati dua pertiga bagian atas panjang kanalis vertebralis adalah sumsum tulang belakang, yang pada orang dewasa berakhir pada vertebra lumbalis pertama. (Mahadevan V, 2018)



Gambar 2. Fitur penting dari vertebra cervical, thoracal dan lumbar (dilihat dari atas) menunjukkan gambaran arsitektur umum (Mahadevan V, 2018)

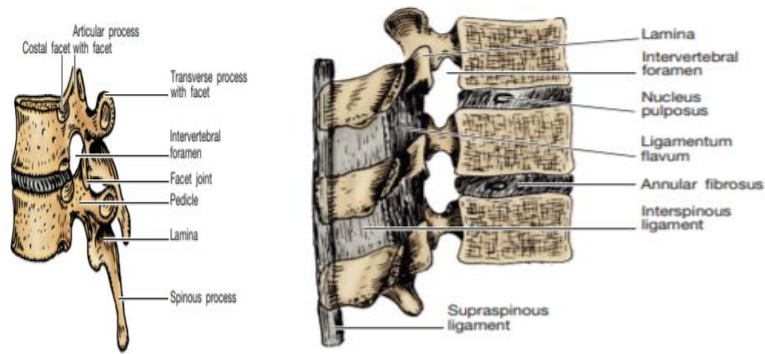
Secara lateral dari lengkung vertebra di kedua sisi adalah prosesus transversus. Secara posterior dari garis tengah posterior arkus vertebralis adalah prosesus spinosus. Bagian dari lengkung vertebra yang terletak di antara akar prosesus transversus dan spinosus disebut lamina, karena bentuknya yang tebal dan seperti pelat (Gambar 3). Lamina kanan dan lamina kiri bertemu di garis tengah posterior di dasar prosesus spinosus (Gambar 2 dan 3). Bagian paling

anterior dari lengkungan vertebral di setiap sisi, di mana lengkungan berbatasan dengan bagian belakang corpus vertebral, disebut pedikel (Gambar 3). (Mahadevan V, 2018)



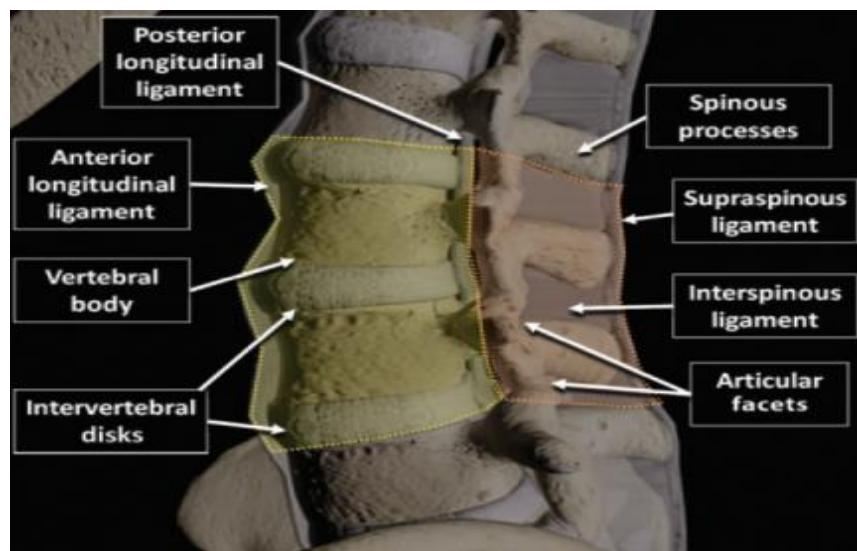
Gambar 3. Vertebra thorakal (dilihat dari atas)
(Mahadevan V, 2018)

Ketinggian setiap pedikel kira-kira setengah tinggi corpus vertebral (Gambar 4). Jadi ada kesenjangan substansial antara pedikel yang berurutan. Ini disebut foramen intervertebralis (Gambar 4). Setiap foramen intervertebralis mentransmisikan saraf tulang belakang dengan arteri dan vena radikuler yang menyertainya. (Mahadevan V, 2018)



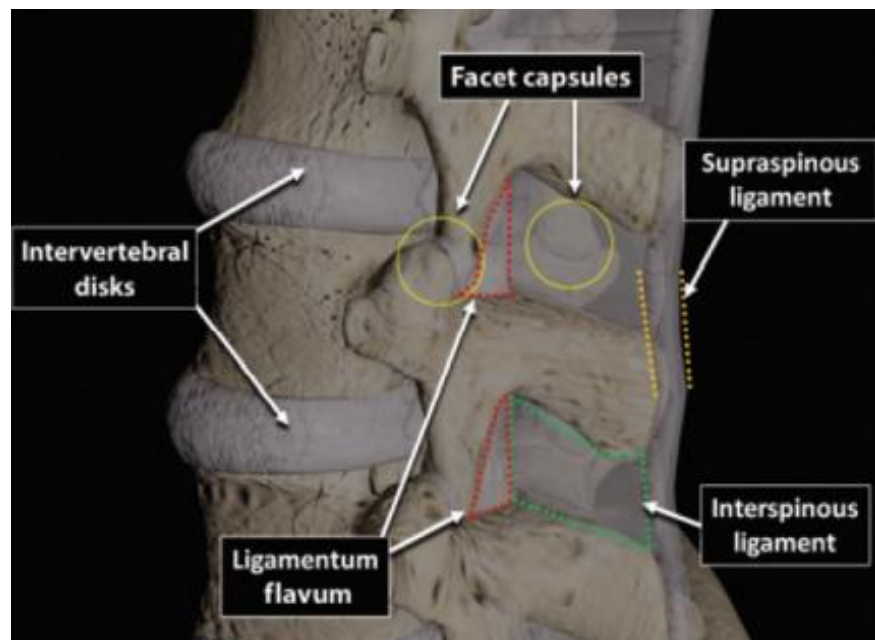
Gambar 4. Kolumna vertebralis menunjukkan potongan sagittal intervertebral disc, ligamen vertebral dan batas foramen intervertebralis (Mahadevan V, 2018)

Gerak tulang belakang adalah unit fungsional utama tulang belakang dan terdiri dari tulang belakang dan jaringan lunak yang saling berhubungan. Bagian unit anterior fungsional terdiri dari dua corpus vertebra yang sejajar, diskus intervertebralis, dan ligament longitudinal anterior serta posterior. Bagian posterior terdiri dari arkus vertebralis, sendi facet, dan elemen posterior (Gambar 5). (Khurana et al, 2013)



Gambar 5. Gambar lateral tiga dimensi (3D) vertebra torakolumbalis menunjukkan komponen anterior (kuning) dan posterior (oranye) segmen gerak tulang belakang (Khurana et al, 2013)

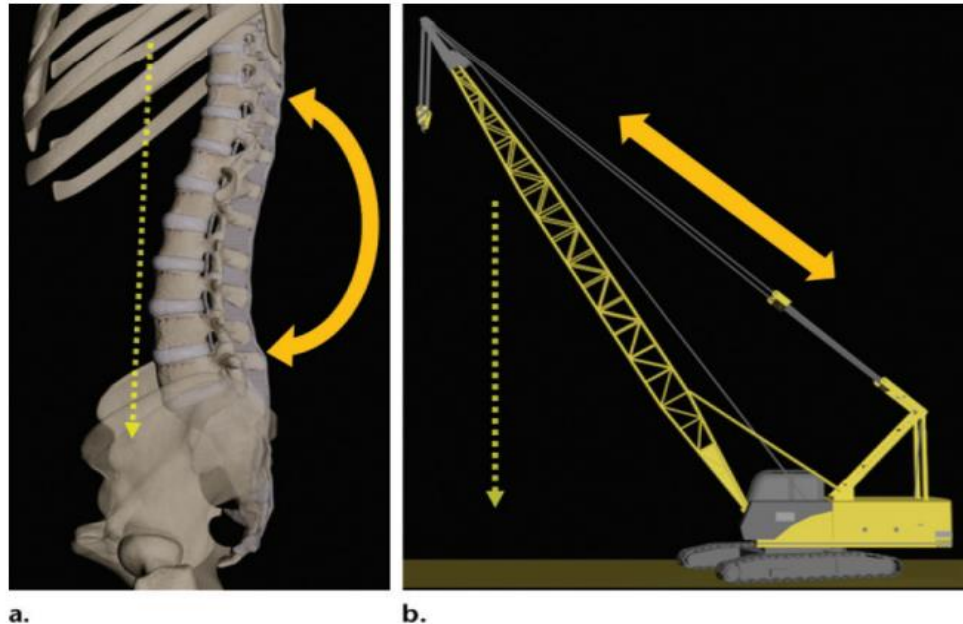
Muatan beban aksial didukung terutama oleh corpus vertebra dan diskus intervertebralis. Corpus vertebra berfungsi menahan beban kompresi. Diskus intervertebralis mengandung nukleus sentral pulposus yang menyerap dan secara hidrostatik mendistribusikan beban tekan dan anulus fibrosus yang menahan tekanan/*stress* regangan sirkumferensial yang dihasilkan. Bagian posterior segmen gerak tulang belakang memandu gerakan tulang belakang, dengan jenis gerak ditentukan oleh bidang facet joint. Orientasi koronal dari facet joint toraks meminimalkan ekstensi tetapi memungkinkan rotasi, sedangkan aspek artikular orientasi oblique sagital lumbal meminimalkan rotasi. Bagian posterior segmen gerak mengandung PLC, yang memainkan peran stabilisasi yang kritis. PLC terdiri dari ligamen supraspinous, ligamen interspinosus, kapsul facet artikular, dan ligamentum flavum (Gambar 6). (Khurana et al, 2013)



Gambar 6. Gambar 3D lateral yang dihasilkan komputer menunjukkan konfigurasi anatomi normal PLC, yang meliputi ligamen supraspinous, interspinous, ligamen, kapsul segi, dan ligamen flavum. (Khurana et al, 2013)

PLC berfungsi sebagai “pita ketegangan/*tension band*” posterior dari kolom tulang belakang. Karena sumbu rotasi berada tepat di depan atau tepat di dalam setengah bagian depan korpus vertebra dalam posisi tegak, ada keseimbangan konstan dari kekuatan otot ligamen posterior dan otot erektor spinae pada saat istirahat maupun bergerak untuk menahan gaya tekan kompresif pada korpus

vertebra (16). Struktur mekanis tulang belakang telah dibandingkan dengan struktur mekanis derek konstruksi/*crane* di mana beban yang diangkat jauh di bagian anterior, menyebabkan kejutan (koresponden dengan corpus vertebra) berada di bawah kekuatan tekanan kompresi dan kabel (koresponden dengan PLC) yang berada di bawah tegangan (Gambar 7).

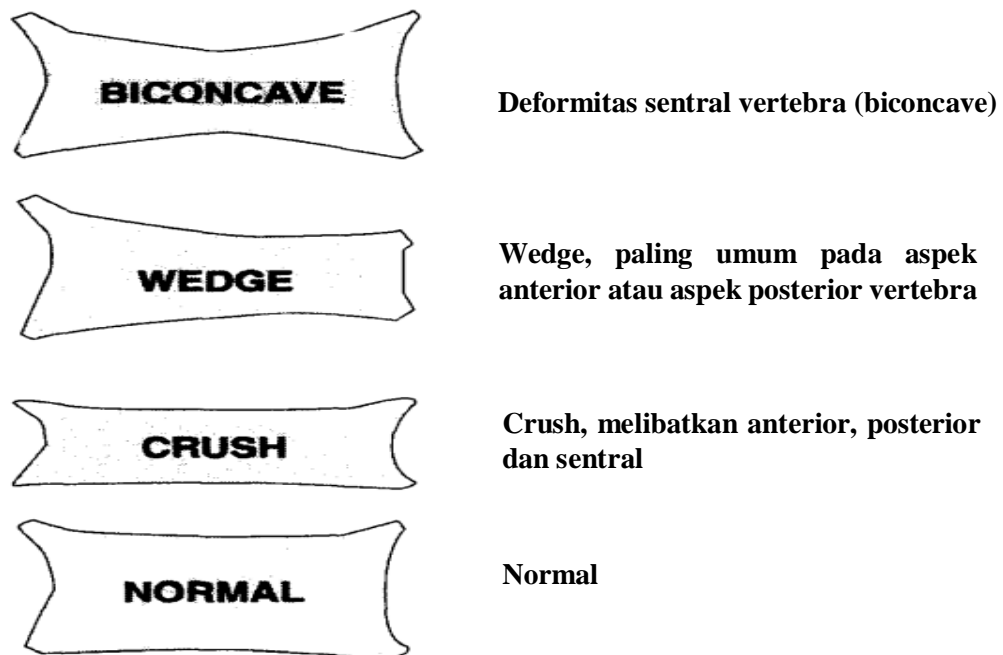


Gambar 7. Model 3D yang dihasilkan komputer mengilustrasikan: struktur mekanik serupa tulang belakang torakolumbalis dan sebuah derek konstruksi. Gambaran lateral tulang belakang (a) dan sebuah derek konstruksi (b) menunjukkan pemindahan ke anterior pusat gravitasi yang menciptakan gaya kompresif (panah putus-putus) pada vertebra tulang belakang serupa dengan gaya pada pengangkatan pada lengan derek. Gaya fleksi yang dihasilkan (panah padat) pada PLC mirip dengan tegangan pada kabel pengangkat derek. (Khurana et al, 2013)

2.2. Fraktur Kompresi Vertebra

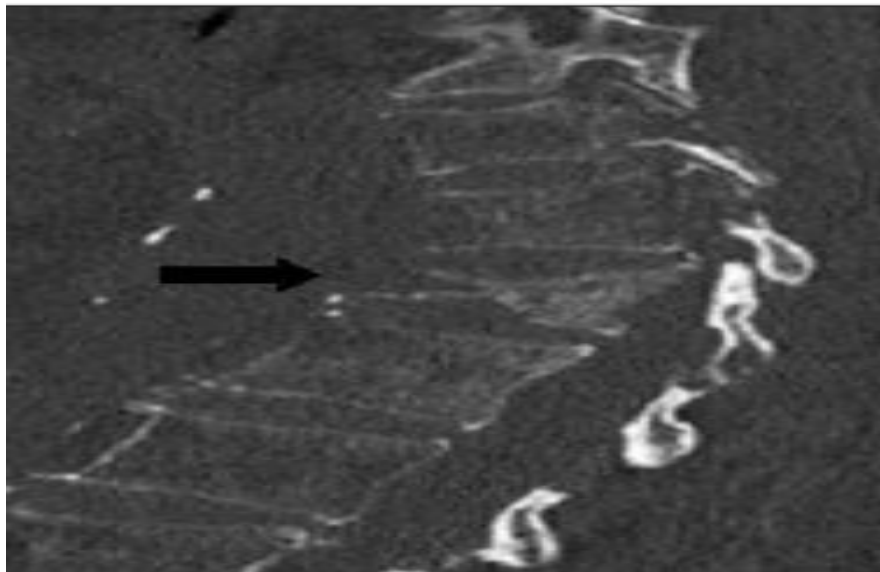
2.2.1. Definisi

Beberapa penelitian telah mendefinisikan fraktur kompresi sebagai pengurangan $\geq 15\%$ dari tinggi corpus vertebra baik bagian anterior, bagian tengah, atau bagian posterior, jika dibandingkan dengan corpus vertebra yang berdekatan. Untuk mengurangi hasil positif palsu, peneliti lain telah mengusulkan kriteria yang lebih ketat menjadi 20% atau lebih. Fraktur kompresi vertebra dapat diklasifikasikan dalam tiga kategori yaitu fraktur *wedge*, *biconcave*, dan *crush*. (Leon Lenchik et al, 2004)



Gambar 8. Representasi diagram dari fraktur vertebra. Fraktur crush yang baru terjadi merupakan fraktur yang paling sering bergejala, dan menyebabkan nyeri punggung parah yang secara bertahap berkurang dengan waktu. (Juan Tamayo-Orozco et al, 1997)

Fraktur *wedge* adalah yang paling umum, terhitung lebih dari 50% dari semua fraktur kompresi vertebra dan dicirikan sebagai kompresi dari segmen anterior korpus vertebra (Gambar 8). Fraktur kompresi bikonkaf adalah yang terbanyak kedua, yang terhitung sekitar 17% dari semua fraktur kompresi vertebra (Gambar 8). Pada fraktur ini, hanya bagian tengah dari korpus vertebra yang kolaps, sedangkan dinding anterior dan posterior tetap utuh. Fraktur kompresi vertebra yang paling tidak umum adalah fraktur kompresi *crush* yang melibatkan hanya 13% dari seluruh fraktur kompresi vertebra. Pada fraktur ini, kompresi terjadi pada seluruh kolom anterior, termasuk margin anterior dan posterior. Fraktur kompleks bertanggung jawab atas 20% dari sisanya. (Daniela Alexandru et al, 2012)



Gambar 9. Fraktur kompresi vertebra: pemeriksaan computed tomography fraktur kompresi vertebra bikonkaf (panah hitam) (Daniela Alexandru et al, 2012)

Distribusi letak fraktur kompresi vertebra bervariasi, dimana letak terbanyaknya pada thorakolumbar *junction* diantara T12-L2 yang mencakup 60-70% fraktur kompresi, sedangkan lumbal-lumbal bagian bawah L2-L5 sebanyak sekitar 30% dari fraktur kompresi vertebra . (Donnally III CJ et al,2022)

2.2.2. Etiologi

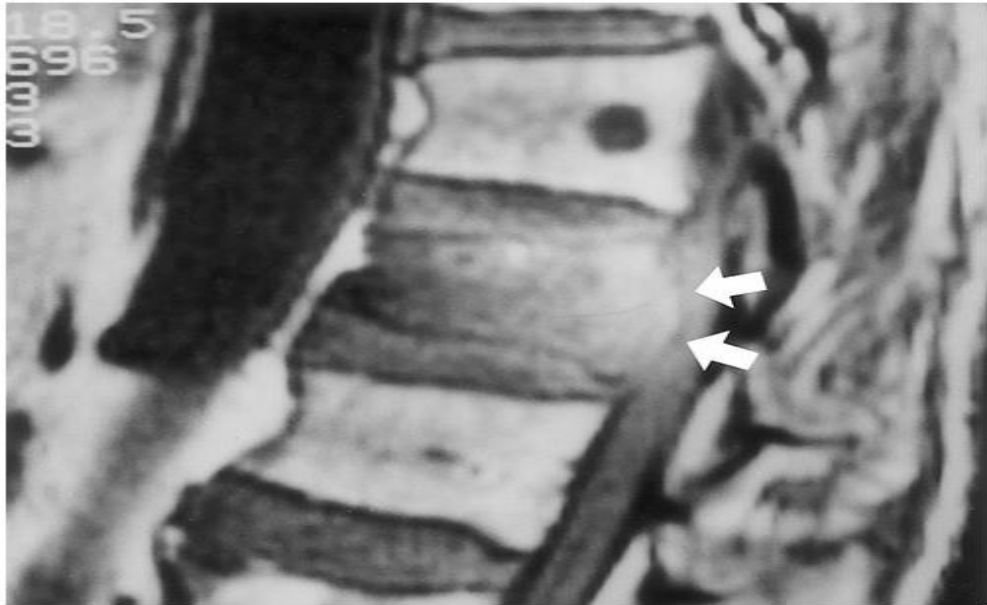
Etiologi fraktur kompresi vertebra yang paling umum adalah osteoporosis, meskipun trauma, infeksi, dan neoplasma juga dapat menyebabkan fraktur kompresi. Wanita pasca menopause memiliki risiko yang terbesar karena perubahan hormonal yang dapat menyebabkan osteoporosis tulang. Pada osteoporosis kualitas struktur trabekula menurun sehingga mempengaruhi kekuatan vertebra. Kerusakan struktur jaringan ini menyebabkan tulang rapuh yang rentan terhadap patah tulang. Berkurangnya kepadatan mineral tulang karena osteoporosis mengganggu mikroarsitektur tulang dan mengubah isi protein non kolagen dalam matriks tulang. Risiko fraktur kompresi meningkat dengan penurunan kepadatan mineral tulang, bila kepadatan mineral tulang berkurang sebesar 2 standar deviasi, maka risiko mengalami fraktur kompresi meningkat 4 hingga 6 kali lipat. Dalam situasi ini, fraktur dapat terjadi setelah cedera minimal atau bahkan pada kondisi tidak ada trauma atau selama kegiatan

rutin kehidupan sehari-hari. Aktivitas umum yang paling banyak menghasilkan fraktur kompresi pada kondisi ini adalah pada saat menempatkan beban pada lengan yang terulur selama kegiatan seperti mengangkat jendela atau mengangkat anak kecil. Pasien dengan osteoporosis berat dapat mengalami fraktur kompresi vertebra bahkan hanya dengan batuk atau bersin (Daniela Alexandru et al, 2012) (Mc Donnell et al, 2007) (Wu SS et al, 2003).

Seiring bertambahnya usia terdapat kehilangan serta penipisan relatif yang lebih besar pada trabekula horizontal sedangkan trabekula vertikal yang tersisa cenderung untuk mempertahankan ketebalannya. Untuk wanita setelah menopause, kekurangan estrogen adalah faktor utama dalam menyebabkan peningkatan tingkat kehilangan tulang. Baik osteoklas maupun osteoblas memiliki reseptor estrogen dan estrogen mengatur aktivitas osteoklas melalui reseptor ini. Estrogen juga dapat menghambat pelepasan faktor perangsang osteoklas dan meningkatkan pelepasan faktor penghambat osteoklas dari osteoblas. Oleh karena itu, estrogen adalah penghambat resorpsi tulang yang menurunkan jumlah dan aktivitas osteoklas. Efek ini berpotensi terjadi pada ketiga mekanisme remodeling, yaitu metabolik, adaptif dan kerusakan mikro, tetapi hal ini belum diverifikasi secara eksperimental. Kehilangan atau pengeroposan tulang pada osteoporosis terjadi karena ketidakseimbangan dalam proses remodelling. Hal ini dapat terjadi karena kombinasi aktivitas resorpsi yang meningkat dengan kavitas yang dibentuk oleh osteoklas, dan tidak cukupnya pembentukan jaringan tulang pengganti oleh osteoblas. Aktivitas remodeling yang rendah pada tulang perifer dan tinggi di pusat tulang meningkatkan risiko fraktur karena kehilangan tulang pada vertebra. Proses *remodelling* melibatkan kelompok-kelompok osteoklas dan osteoblas yang berfungsi sebagai unit yang terorganisasi yang disebut unit multiseluler dasar / *Basic multicellular units* (BMU). Kekosongan (*lacunae*) dari resorpsi yang dibuat oleh osteoklas selanjutnya diisi oleh osteoblas sebagai bagian dari BMU. Ketika ada ketidakseimbangan antara resorpsi dan pembentukan, maka terjadi pengeroposan tulang. Selama penuaan normal dan terutama untuk pasien dengan osteoporosis, terdapat defek baik pada perekrutan osteoblas atau dalam aktivitas individunya, yang menghasilkan rongga atau kavitas resorpsi yang diciptakan oleh osteoklas yang tidak terisi penuh dengan tulang baru. Terdapat tiga mekanisme untuk *remodeling* yang dapat mempengaruhi kehilangan tulang ataupun munculnya tulang. Pertama adalah remodelling metabolik yang terjadi terus menerus, dimana tulang diserap dan

diganti. Dengan cara ini, tulang tua terus menerus digantikan oleh tulang baru. Tingkat metabolisme remodeling bergantung pada aktivitas hormonal, osteoporosis yang terkait usia sangat dipengaruhi oleh ketidakseimbangan antara resorpsi dan pembentukan selama *remodelling* metabolik. Mekanisme kedua adalah Pemodelan ulang adaptif (juga dikenal sebagai *modelling*) terjadi ketika tulang beradaptasi dengan kondisi pembebanan mekanis yang dialaminya. Jadi, remodeling adaptif lebih memilih mempertahankan atau menambah massa tulang ke area tulang yang memiliki beban tinggi, dan menyerap area tulang yang tidak terisi atau berlebihan. *Remodelling* kerusakan mikro merupakan mekanisme ketiga dan bukti menunjukkan bahwa *remodeling* memang terjadi terutama di area dengan kerusakan mikro yang tinggi. Hilangnya tulang akibat *remodelling* metabolik diperkirakan merupakan penentu utama kerusakan arsitektur trabekular pada osteoporosis terkait usia, dan bahwa kehilangan tulang ini dimodulasi oleh remodeling adaptif dan remodeling kerusakan mikro. Singkatnya, remodeling metabolik, dimodulasi oleh remodeling adaptif dan kerusakan mikro, dapat menjelaskan kehilangan absolut yang lebih besar dari jumlah trabekula vertical dan rasio yang lebih rendah dari trabekula horizontal dibanding vertical yang telah diamati pada tulang belakang manusia dengan penuaan. (Mc Donnell et al, 2007).

Tulang adalah tempat metastasis yang sering pada kanker stadium lanjut termasuk paru-paru, payudara, prostat, ginjal atau myeloma. Lesi metastasis pada tulang biasanya terletak di tulang belakang dan apabila terdapat keterlibatan kortikal atau osteolisis, dapat menyebabkan fraktur kompresi patologis. Invasi neoplastik ke corpus vertebral dapat mengakibatkan fraktur tulang vertebra yang menyakitkan, menyebabkan kecacatan dan morbiditas. Fraktur patologis merupakan proporsi yang signifikan dari fraktur vertebra, dimana terjadi pada 70% wanita dengan kanker payudara, 70% pria dengan kanker prostat, dan 40% pasien dengan kanker paru-paru akan berkembang menjadi metastasis tulang selama perjalanan penyakit mereka. (Cicala et al, 2013), (Chevallier et al, 2021)

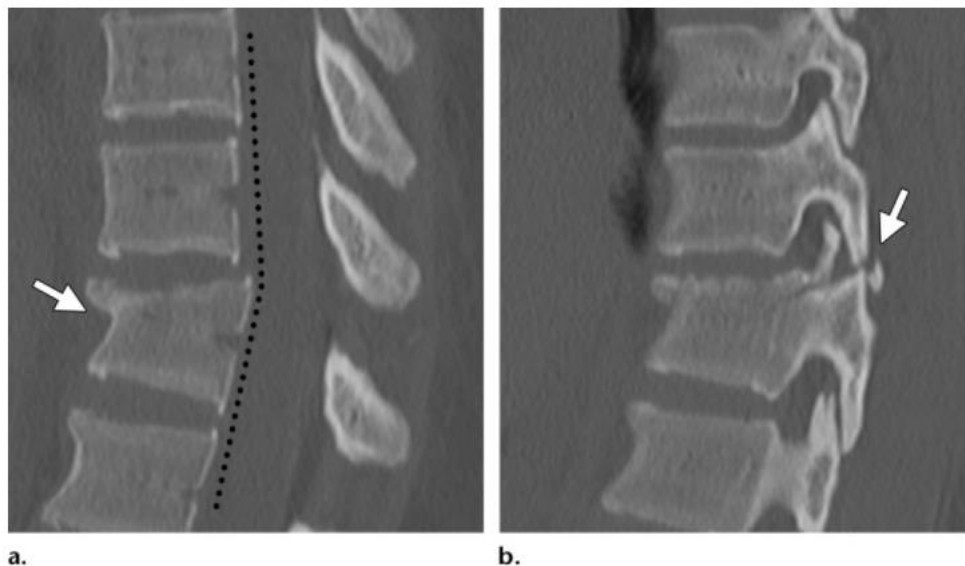


Gambar 10. Fraktur kompresi tipikal metastatik pada pria 65 tahun. Gambar MRI Sagittal T1-weighted menunjukkan fraktur kompresi dengan penggantian lengkap sumsum tulang normal dari corpus vertebral L1. Terdapat korteks posterior yang cembung (panah). Ada fokus metastatik bulat dalam segmen vertebra yang tidak kolaps yang berdekatan pada level di atas fraktur kompresi. (Jung HS, et al 2003)

Infeksi juga dapat menjadi penyebab suatu fraktur kompresi, dimana agen infeksi utama pada infeksi vertebra yang dilaporkan adalah *Stafilokokus spp.* (38%) dan *Mycobacterium tuberculosis* (31%). Pada negara-negara endemik, tuberkulosis tulang belakang lebih sering terjadi pada anak-anak dan dewasa muda, sedangkan di negara-negara Barat maju dan negara Timur Tengah mempengaruhi populasi orang dewasa. Tuberkulosis tulang belakang menyebar secara hematogen ke pembuluh darah trabecular vertebra yang awalnya terlihat di bagian anterior inferior corpus vertebra. Selanjutnya akan menyebar ke bagian tengah corpus vertebra atau discus. Lesi paradiskal, anterior, dan sentral adalah jenis umum keterlibatan vertebra. Pada lesi sentral, diskus tidak terlibat, dan kolaps dari corpus vertebra menghasilkan vertebra plana. Vertebra plana menunjukkan kompresi lengkap dari corpus vertebral. Pada pasien yang lebih muda, diskus secara primer terlibat karena lebih tervascularisasi. Namun pada kelompok usia tua, tidak terdapat keterlibatan primer diskus karena avaskularitas terkait usia. Pada Tuberkulosis, terdapat keterlibatan lebih dari satu vertebra karena arteri segmentalnya bercabang dua untuk mensuplai dua vertebra yang berdekatan. Penyebaran di bawah ligamen longitudinal anterior/posterior melibatkan beberapa vertebra yang berdekatan, disebabkan oleh kurangnya

enzim proteolitik pada infeksi mycobacterium dibandingkan piogenik. (Garg et al, 2011).

Pada kasus fraktur kompresi akibat trauma, cedera kompresi yang kurang parah hanya melibatkan fraktur pada bagian anterior corpus vertebra. Peningkatan kekuatan pada cedera menghasilkan fraktur burst, yang melibatkan korpus vertebra posterior dengan berbagai tingkat retropulsi. Cedera ini biasanya disebabkan oleh beban aksial atau fleksi lateral. Fraktur kompresi menunjukkan distribusi bimodal dengan pasien yang lebih muda yang mengalami cedera ini sebagai akibat mekanisme energi tinggi (jatuh dari ketinggian). (Maempel JF et, 2019), (Khurana et al, 2013).



Gambar 11. Cedera vertebra thorakal pada wanita 17 tahun setelah jatuh mekanis. (a) Gambar CT sagittal menunjukkan fraktur kompresi dengan keterlibatan dominan dari kolom anterior (panah), dengan resultan kelengkungan kyphotic (garis putus-putus), dan *fanning* ringan dari proses spinosus pada tingkat cedera. (b) Gambar sagittal CT dari corpus vertebral lateral menunjukkan perching facet (panah) dengan fraktur facet artikular, temuan sugestif dari komponen fleksi yang signifikan pada cedera (Khurana et al, 2013)

2.2.3. Presentasi klinis

Sekitar dua pertiga pasien dengan fraktur kompresi tidak memiliki gejala (asimtomatis) yang dapat ditemukan secara insidental pada pemeriksaan radiologi. Bila terdapat gejala, nyeri punggung adalah gejala yang utama pada fraktur kompresi serta dapat menghasilkan rasa sakit yang hebat dan parah di

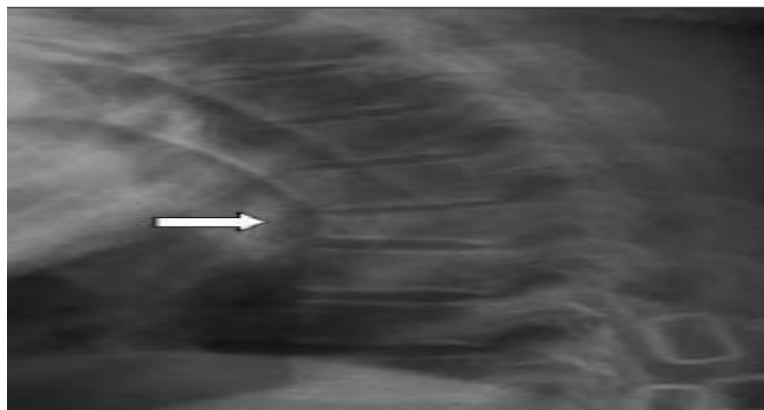
lokasi fraktur atau rasa sakit yang menjalar ke sisi samping atau depan yang dapat muncul tiba-tiba, dengan intensitas nyeri yang meningkat saat berdiri atau berjalan. Intensitas nyeri berkurang saat berbaring telentang. Mobilitas tulang belakang berkurang karena nyeri. Rasa sakit kemudian berkurang kearahannya tetapi mungkin dapat tetap intens selama 2-3 bulan. Pada pemeriksaan fisik tulang belakang terasa nyeri saat pemeriksaan palpasi dan perkusi, serta sering ditemukannya kejang otot paraspinal vertebral. Nyeri akut disebabkan oleh iritasi periosteum dan kapsul sendi, karena sumsum tulang dan korteks tidak peka terhadap rasa sakit. Fraktur kompresi dapat merangsang nosiseptor secara langsung oleh kerusakan struktural atau kompresi langsung jaringan atau secara tidak langsung dengan melepaskan mediator kimia yang terkait dengan cedera jaringan dan perdarahan lokal. Defisit neurologis cenderung cukup jarang, karena biasanya tidak melibatkan retropulsi fragmen tulang ke dalam kanalis vertebralis. Fraktur kompresi vertebra memiliki onset yang tersembunyi dan menghasilkan nyeri punggung dengan tingkat yang rendah. Seiring waktu, jumlah fraktur yang banyak dapat menyebabkan hilangnya secara progresif postur dan terjadinya kontraksi terus menerus dari otot paraspinal untuk mempertahankan postur dipertimbangkan sebagai mekanisme perlindungan tetapi juga menyebabkan ketidaknyamanan yang signifikan. Kombinasi ini menghasilkan kelelahan otot dan rasa sakit yang mungkin berlanjut bahkan setelah fraktur kompresi asli sudah sembuh. (Wu SS et al, 2003)

Pasien dengan beberapa fraktur kompresi dan kehilangan progresif tinggi dari korpus vertebra dapat berkembang menjadi kyphosis thoracal dan lordosis lumbal yang berlebihan. Pada kasus kifosis yang parah, tekanan yang diberikan oleh rongga dada pada panggul dapat menyebabkan gangguan fungsi paru, perut yang membengkak, rasa cepat kenyang dan penurunan berat badan. Komplikasi lain dari fraktur kompresi meliputi konstipasi, obstruksi usus, inaktivitas yang berkepanjangan, trombosis vena dalam, peningkatan osteoporosis, kelemahan otot progresif, kehilangan kemandirian, kifosis dan penurunan tinggi badan, kepadatan internal organ, gangguan pernapasan (misalnya, atelektasis, pneumonia, dan nyeri berkepanjangan), harga diri rendah, gangguan emosional dan sosial; pasien-pasien ini juga lebih mungkin untuk dirawat di panti jompo. Pasien dengan fraktur kompresi memiliki risiko kematian 15% lebih besar dibandingkan dengan mereka yang tidak memiliki fraktur kompresi. (Kim DH et al, 2006), (Lindsay R et al, 2005), (Vaccaro AR et al, 2004)

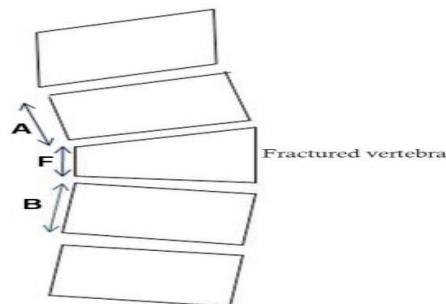
2.2.4. Pemeriksaan radiologi

2.2.4.1 Foto thorakal-lumbosakral konvensional

Radiografi tulang belakang merupakan pemeriksaan dasar untuk evaluasi pada semua pasien dan merupakan studi pilihan untuk mendiagnosis fraktur kompresi. Pada evaluasi tulang belakang torakal dan lumbal, setidaknya diperlukan proyeksi anteroposterior dan lateral. Beberapa penelitian telah mendefinisikan fraktur kompresi sebagai pengurangan 15% pada tinggi corpus vertebra baik pada anterior, tengah, atau posterior dibandingkan dengan corpus vertebral yang berdekatan. Untuk mengurangi kesalahan atau hasil positif palsu, peneliti lain telah mengusulkan kriteria yang lebih ketat yaitu 20% atau lebih. Fraktur kompresi vertebra dapat mungkin tidak terlihat pada radiografi untuk hingga 4 minggu setelah cedera. (Leon Lenchik et al, 2004)



Gambar 12. Fraktur kompresi vertebra: gambar radiologi konvensional fraktur kompresi vertebral dengan wedge anterior (panah putih) (Daniela Alexandru et al, 2012)



Gambar 13. Persentasi tinggi fraktur kompresi vertebra = $100 - F / [(A+B) / 2] \times 100$ (RoopSingh et al, 2014)

2.2.4.2. CT Scan

Pada Kongres Tahunan Institut Radiologi di Inggris, pada bulan April 1972, Sir Godfrey Hounsfield, seorang ilmuwan peneliti senior di EMI Limited di Middlesex, Inggris, mengumumkan penemuan teknik pencitraan baru, yang disebutnya "pemindaian aksial transversal terkomputerisasi." Konsep dasarnya cukup sederhana yaitu potongan melintang penampang kepala, irisan tomografi, diperiksa dari berbagai sudut dengan sinar x-ray yang seperti pensil. Radiasi yang dipancarkan dihitung oleh detektor skintilasi, dan dimasukkan ke komputer untuk dilakukan analisa dengan algoritma matematika, dan direkonstruksi sebagai suatu gambar tomografi. Seperti semua bidang dalam radiologi, unit CT terus diubah dan ditingkatkan oleh produsen. Pada akhir tahun 1998, semua produsen utama CT meluncurkan detektor multiple baris pemindai CT yang mampu memperoleh setidaknya empat bagian per rotasi. (Thomas S Curry III et al, 1990)

Pemindai CT menghitung dari data yang dikumpulkan, koefisien atenuasi linier (μ) dari setiap piksel. Setelah komputer CT menghitung nilai untuk koefisien atenuasi linier setiap piksel, nilai tersebut dikonversi ke angka baru yang disebut "angka CT". Perhitungan memungkinkan komputer untuk menyajikan informasi sebagai gambar dengan skala abu-abu (*gray scale*) yang besar. Angka CT ditentukan oleh komputer yang menghitung hubungan antara koefisien absorpsi linier dari sebuah piksel dan μ untuk air. Perhitungannya mengikuti persamaan:

$$\text{Angka CT} = \frac{K (\mu_p - \mu_w)}{\mu_w}$$

K = Magnification constant
 μ_p = Pixel linear attenuation coefficient
 μ_w = Water linear attenuation coefficient

Angka CT untuk udara (udara dapat memberhentikan sedikit atau tidak sama sekali sinar x) yang akan sama dengan -K, dan bahwa angka CT untuk air akan menjadi 0. Jika tulang padat memiliki koefisien atenuasi linier sebesar sekitar 0,38 cm^{-1} dan air memiliki koefisien regangan linier sekitar 0,19 cm^{-1} , maka angka CT untuk tulang ini adalah +K karena:

$$\text{Angka CT tulang} = K \left(\frac{.38 - .19}{.19} \right) = K \left(\frac{.19}{.19} \right) = K$$

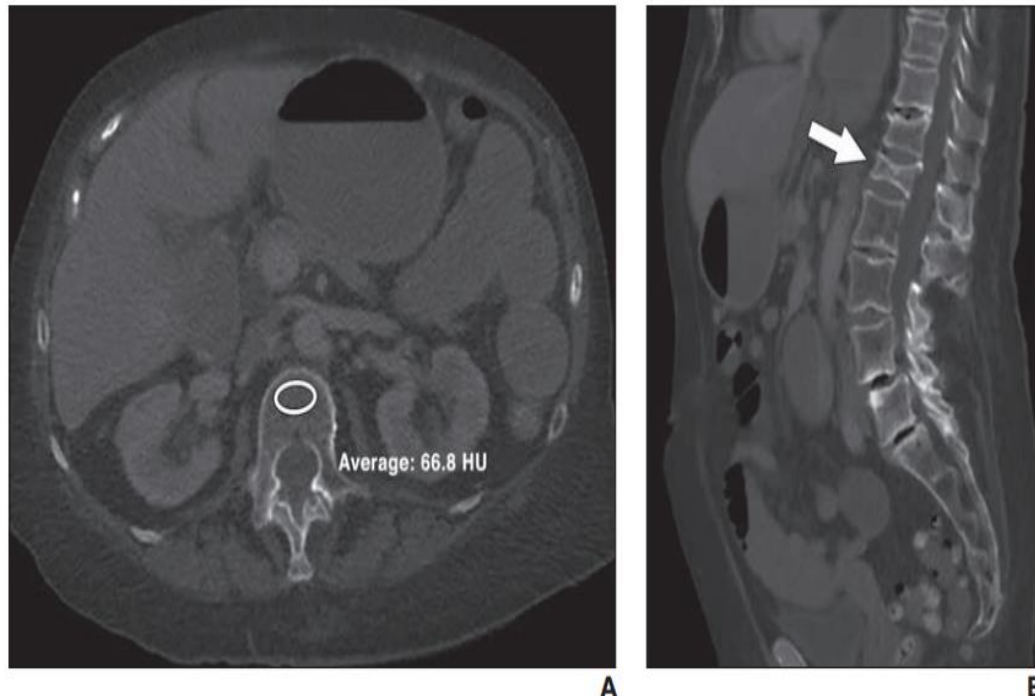
Dalam unit CT yang tersedia saat ini, K memiliki nilai 1000. Dengan nilai K ini, angka CT untuk udara menjadi - 1000, untuk air angka CT nya masih 0, dan untuk tulang padat menjadi 1000. Untuk menghormati Sir Godfrey Hounsfield, angka CT berdasarkan konstanta perbesaran 1000 juga disebut Hounsfield units (HU). Karena pemindai-pemindai CT baru menggunakan konstanta perbesaran 1000, angka CT dan unit HU ekuivalen untuk pemindai CT. Hounsfield Unit diukur dan dilaporkan dalam berbagai aplikasi klinis. Beberapa diantaranya adalah evaluasi kandungan lemak hati, dengan perlemakan hati yang didiagnosis dengan adanya rasio hati terhadap limpa <1,0 , kepadatan mineral tulang (BMD) , memprediksi adanya anemia , dan membimbing tata laksana batu ginjal . (Christensen physics. Thomas S Curry III et al, 1990), (Zeb I et al, 2012) \, (Pickhardt PJ et al, 2013), (Bruni SG et al, 2013), (Quzaid I et al, 2012)

Pada studi yang dilakukan oleh Schreiber et al, nilai HU ditemukan berkorelasi cukup dengan T-skor, yang digunakan dalam pedoman WHO untuk mendiagnosis osteoporosis. Dengan demikian, nilai HU yang diperoleh dari perhitungan tomografi tulang belakang lumbar dapat mengingatkan klinisi untuk penyakit tulang metabolik seperti osteoporosis. Dengan cara ini, nilai HU dapat digunakan sebagai panduan untuk melakukan pemeriksaan lebih lanjut, seperti absorptiometri sinar-x ganda, untuk penyakit tulang metabolik.

Secara klinis, peningkatan kepadatan mineral tulang membuat menurunnya risiko patah tulang. Tulang belakang adalah bagian yang sangat penting karena kira-kira setengah dari semua patah tulang yang diinduksi osteoporosis adalah fraktur kompresi vertebral. Di dalam penelitian tersebut, subjek dengan kepadatan tulang yang normal memiliki rata-rata nilai HU lumbar 133,0, dan mereka yang menderita osteopenia memiliki rata-rata nilai HU lumbar 100,8, dan osteoporosis memiliki nilai HU lumbar rata-rata 78,5.

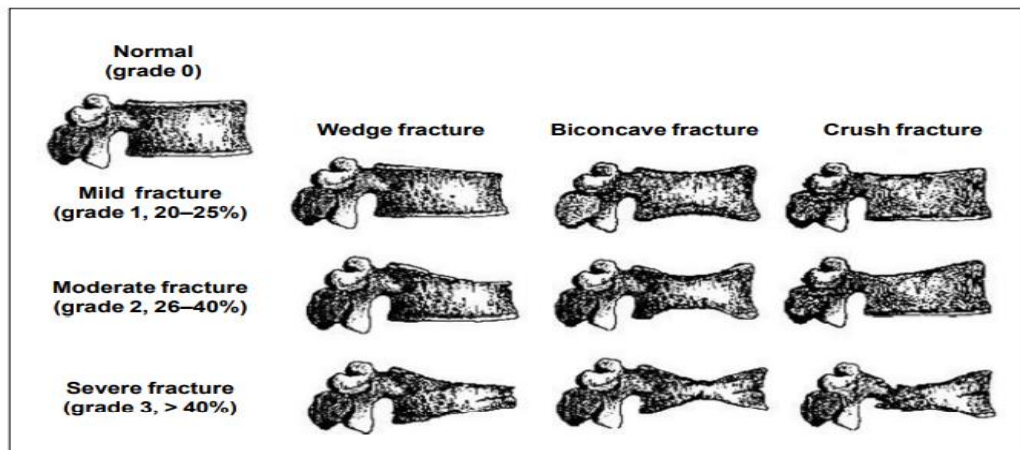
Dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian telah merekomendasikan skrining oportunistik untuk osteoporosis menggunakan nilai Hounsfield Unit vertebra diukur dari Computed Tomography (CT), yang telah menunjukkan bahwa nilai atenuasi L1 berkorelasi dengan spinal DEXA T-Scores, namun demikian masih belum banyak dilakukan studi yang mempelajari hubungan atenuasi L1 dengan fraktur kompresi vertebra sehingga membutuhkan studi lebih

lanjut. (Joseph J. Schreiber et al, 2011), (Pickhardt PJ et al, 2013), (Lee SJ et al, 2015), (Hendrickson NR et al, 2018), (Anderson PA et al, 2018), (Zou D et al, 2019)



Gambar 14. CT abdomen dari wanita berusia 84 tahun. Pemeriksaan dilakukan untuk evaluasi abdomen akibat rasa sakit dan ketidaknyamanan pada perut. Gambar A dan B, Aksial (A) dan sagital (B). Fraktur kompresi berat di L1 (panah, B) dan kompresi sedang pada T12, pengukuran ROI atenuasi trabecular ditempatkan pada tingkat L2 (A). Atenuasi trabecular dalam hal ini ditemukan rendah, yang berukuran 66,8 HU. (Peter M. Graffy et al, 2017)

Beberapa modalitas pencitraan tersedia untuk evaluasi pasien dengan kecurigaan fraktur kompresi. Radiografi konvensional adalah modalitas diagnostik awal. Namun CT scan terutama digunakan untuk area di mana radiografi memperlihatkan kemungkinan ada cedera. CT dapat membantu mendeteksi ketidakstabilan fraktur kompresi wedge, dan cedera tulang tersembunyi. CT sangat ideal untuk pencitraan fraktur kompleks dan menentukan derajat fraktur kompresi vertebral. Fraktur kompresi dideteksi sebagai pengurangan $\geq 20\%$ dari tinggi korpus vertebra baik bagian anterior, bagian tengah, atau bagian posterior, jika dibandingkan dengan korpus vertebra yang berdekatan. Semua vertebra torakal dan vertebra lumbalis yang fraktur dapat dievaluasi berdasarkan metode Genant yang sudah banyak digunakan dalam studi klinis, yaitu persentase pengurangan dari tinggi anterior, tinggi tengah, atau tinggi posteriornya. (Leon Lenchik et al, 2004)



Gambar 15. Gambar menunjukkan diagnosis dan penilaian fraktur vertebra. Fraktur vertebra didiagnosis ketika pengurangan tinggi pada dimensi anterior, tengah, atau posterior corpus vertebral melebihi 20%. Perkiraan tingkat pengurangan tinggi corpus menentukan grade fraktur pada vertebra. Fraktur diklasifikasikan sebagai baji (wedge), bikonkaf, atau crush, tergantung pada apakah bagian anterior, tengah, atau posterior corpus vertebra yang berkurang ketinggiannya. (Leon Lenchik et al, 2004)

Seperti dikemukakan sebelumnya bahwa nilai HU vertebra L1 ditemukan berkorelasi cukup dengan T-skor, dan kejadian fraktur kompresi meningkat sebanyak sekitar dua kali lipat dari setiap penurunan dibawah rata-rata standard deviasi T-skor, maka terdapat kemungkinan bahwa nilai HU vertebra L1 berhubungan dengan fraktur kompresi. Namun demikian masih belum banyak dilakukan studi yang mempelajari hubungan atenuasi L1 dengan fraktur kompresi vertebra sehingga membutuhkan studi lebih lanjut. Pemeriksaan CT scan dapat menjadi modalitas awal dalam penilaian densitas tulang dan fraktur kompresi yang berhubungan, yang secara umum cukup untuk mendeteksi osteoporosis. Namun, belum dapat dipastikan apakah pengukuran atenuasi L1 menunjukkan status fraktur kompresi vertebra yang mendasarinya. Jadi studi ini berupaya untuk melihat karakteristik atenuasi L1 pada populasi pasien dewasa yang lebih tua yang terdiri dari pasien dengan fraktur kompresi yang tidak memiliki keluhan (asimtomatis) dan mereka yang tidak memiliki fraktur kompresi, yang menjalani CT abdomen, untuk menentukan apakah atenuasi L1 berhubungan dengan fraktur kompresi vertebra yang ada. Hal ini tentunya akan membantu penanganan pasien fraktur kompresi lebih dini dengan pengetahuan bagi klinisi mengenai karakteristik atenuasi yang beresiko mengakibatkan fraktur kompresi, yang menghasilkan

terapi dan prognosis yang lebih baik. (Peter M. Graffy et al,2017), (Ensrud KE et al, 2011), (Joseph J. Schreiber et al, 2011), (Sabo et al, 2017) (Wu SS et al, 2003), (Donnally III CJ et al,2022)



a.

b.

Gambar 16. a. CT abdomen potongan sagittal dari pasien di rumah sakit Wahidin Sudirohusodo dengan ikterus menunjukkan corpus vertebra L1 yang terlihat. b. CT thorax potongan sagittal dari pasien lainnya di rumah sakit Wahidin Sudirohusodo juga menunjukkan corpus vertebra L1.

2.2.5. Penatalaksanaan

2.2.5.1 Penatalaksanaan non-bedah

Setelah evaluasi awal dan diagnosis dari fraktur kompresi, terapi harus ditujukan untuk mengontrol dan menghindari istirahat lama di tempat tidur (*bed rest*) dan mobilisasi dini pasien. Kontrol nyeri akut termasuk menggunakan obat anti inflamasi nonsteroid (NSAID), relaksan otot, golongan narkotika, agen nyeri neuropatik (yaitu, antidepresan trisiklik), analgesik local, blok saraf interkostal, dan stimulasi unit saraf transkutan.

Selain kontrol nyeri akut, terapi medis harus bertujuan untuk meningkatkan kualitas tulang dan dengan demikian mengurangi risiko fraktur masa depan. Agen untuk mengobati osteoporosis termasuk: bifosfonat, modulator reseptor estrogen selektif, hormon paratiroid rekombinan, dan kalsitonin. Obat-obat ini bertindak baik melalui antiresorptif atau mekanisme osteogenik. Alendronat bifosfonat adalah obat lini pertama mengingat profil keamanan dan efek yang menguntungkan dalam mengurangi risiko patah tulang. Terapi penggantian hormon mungkin menjadi pilihan bagi wanita pascamenopause yang lebih muda. Kalsium dan vitamin D saja

tidak cukup untuk mengurangi risiko patah tulang, suplementasi mungkin diperlukan untuk pasien dengan defisiensi. Tindak lanjut dari efek pengobatan mungkin dilakukan dengan pemeriksaan DEXA berikutnya, meskipun biasanya masa pengobatan 2 tahun diperlukan sebelum perbaikan kepadatan mineral tulang terlihat. Beberapa obat untuk pengobatan osteoporosis juga berperan dalam pereda nyeri akut. Kalsitonin telah ditemukan dalam beberapa uji coba terkontrol secara acak untuk memberikan efek pereda nyeri untuk fraktur kompresi akut. Bifosfonat juga menunjukkan perbaikan serupa dalam kontrol nyeri akut. Pasien yang diobati dengan teriparatide (hormon paratiroid rekombinan) menunjukkan penurunan nyeri, bila dibandingkan dengan pasien yang diobati dengan plasebo, terapi penggantian hormon, atau alendronate.

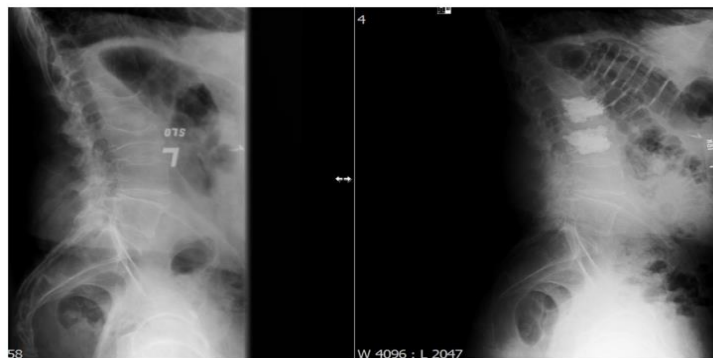
Terapi fisik harus membantu dengan mobilisasi dini pada fase akut dan mencegah cedera lebih lanjut pada jangka panjang. Dengan demikian, latihan yang ditentukan harus memiliki dua tujuan: (1) memperkuat dukungan otot aksial pasien, khususnya ekstensor tulang belakang, dan (2) melatih refleks proprioseptif pasien untuk meningkatkan postur dan ambulasi dan mengurangi kemungkinan terjatuh di masa depan. Latihan Ekstensi Proprioception Tulang Belakang Dinamis (SPEED) adalah program yang dirancang oleh Sinaki yang merupakan contoh dari rejimen yang berfokus pada penguatan ekstensor tulang belakang menggunakan *weighted kypho-orthosis* dan pelatihan postural dan proprioseptif, melalui sesi latihan dua kali sehari, selama 20 menit. Program selama 4 minggu sakit punggung dan kekuatan punggung terbukti membaik, risiko jatuh berkurang dan meningkatkan aktivitas fisik. Gaya berjalan dan postur pasien juga terbukti membaik.

Bracing biasanya digunakan untuk manajemen gejala dari fraktur vertebra. Namun, mayoritas uji coba acak terkontrol yang dilakukan pada fraktur *burst* traumatik akut. Dengan demikian, hanya sedikit konsensus aplikasinya untuk fraktur kompresi osteoporosis. Satu percobaan acak prospektif pada penggunaan 6 bulan *orthosis* penyangga thoracolumbar (TLO) untuk fraktur kompresi osteoporosis menemukan perbaikan pada otot postur, dan tinggi badan di antara kelompok yang menggunakan TLO, dengan kualitas hidup yang lebih baik dan dengan kemampuan untuk melakukan aktivitas hidup sehari-hari .

2.2.5.2 Penatalaksanaan bedah

Meskipun tidak ada waktu baku untuk manajemen konservatif yang tepat, pasien harus mendapat penghilang rasa sakit dengan 6 minggu. Apabila pasien terus mengalami rasa sakit yang tak henti-hentinya atau menunjukkan perkembangan fraktur pada radiografi lanjutan, pertimbangan kemudian harus diberikan untuk melakukan prosedur augmentasi vertebra.

Vertebroplasty dan kyphoplasty adalah tindakan minimal invasif, prosedur perkutan yang dilakukan oleh ahli bedah tulang belakang dan spesialis manajemen nyeri untuk mengobati osteoporosis. Vertebroplasty melibatkan penyisipan transpedicular dari trochar berkanula dengan bimbingan fluoroskop yang digunakan untuk menyuntikkan semen radiopak, biasanya polimetilmetakrilat ke dalam fraktur. Tujuannya adalah untuk memberikan dukungan struktural untuk tulang trabekular yang rusak dan mengembalikan tulang belakang dengan tinggi yang berkurang. Kyphoplasty menambahkan langkah tambahan sebelum injeksi semen. Setelah penyisipan trochar, balon dimasukkan ke dalam fraktur dan diperluas. Tujuan langkah ini adalah untuk memadatkan tulang cancellous dan membuat rongga yang diperluas untuk injeksi semen. Hal ini memegang peranan penting dalam memulihkan tinggi corpus vertebra. (CC Wong et al 2013)



Gambar 17. Pemeriksaan Lumbosakral *follow-up* pre dan pasca operasi yang menunjukkan pemulihan tinggi corpus vertebra setelah kyphoplasty