

TESIS

**AKURASI PARAMETER FOTO RADIOGRAFI KONVENSIONAL DALAM
MEMPREDIKSI RUPTUR *POSTERIOR LIGAMENOUS COMPLEX* (PLC)
PADA PASIEN CEDERA THORAKOLUMBAL YANG DIKONFIRMASI
DENGAN *MAGNETIC RESONANCE IMAGING* (MRI)**

**ACCURACY OF CONVENTIONAL RADIOGRAPHIC PARAMETERS
IN PREDICTING POSTERIOR LIGAMENOUS COMPLEX (PLC)
RUPTURE IN THORACOLUMBAR FRACTURE CONFIRMED BY
MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)**

NELLY



PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)

PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

**AKURASI PARAMETER FOTO RADIOGRAFI KONVENSIONAL DALAM
MEMPREDIKSI RUPTUR *POSTERIOR LIGAMENOUS COMPLEX* (PLC)
PADA PASIEN CEDERA THORAKOLUMBAL YANG DIKONFIRMASI
DENGAN *MAGNETIC RESONANCE IMAGING* (MRI)**

Karya Akhir

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Dokter Spesialis-1

Program Studi Ilmu Radiologi

Disusun dan Diajukan oleh

NELLY

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (Sp.1)
PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**AKURASI PARAMETER FOTO RADIOGRAFI KONVENSIONAL DALAM
MEMPREDIKSI RUPTUR *POSTERIOR LIGAMENOUS COMPLEX (PLC)*
PADA PASIEN CEDERA THORAKOLUMBAL YANG DIKONFIRMASI
DENGAN *MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)***

Disusun dan diajukan oleh :

NELLY

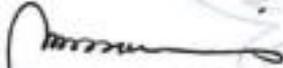
Nomor Pokok :C125182008

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 25 Oktober 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


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


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

Ketua Program Studi

Dekan Fakultas


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


Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, M.Kes, Sp.PD-KGH, Sp.GK
NIP. 19680530 199603 2001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : NELLY

Nomor Mahasiswa : C125182008

Program Studi : Ilmu Radiologi

Jenjang : PPDS-1

Menyatakan bahwa tesis saya berjudul **"AKURASI PARAMETER FOTO RADIOGRAFI KONVENSIONAL DALAM MEMREDIKSI RUPTUR *POSTERIOR LIGAMENOUS COMPLEX (PLC)* PADA PASIEN CEDERA THORAKOLUMBAL YANG DIKONFIRMASI DENGAN *MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)*"** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan karya akhir ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar , 31 Oktober 2022

Yang menyatakan



10000
METERAI
TEMEL
GFF73AKX112515313
NELLY

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan karya akhir ini yang berjudul **“AKURASI PARAMETER FOTO RADIOGRAFI KONVENSIONAL DALAM MEMPREDIKSI RUPTUR *POSTERIOR LIGAMENOUS COMPLEX (PLC)* PADA PASIEN CEDERA THORAKOLUMBAL YANG DIKONFIRMASI DENGAN *MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)*”**. 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 kata 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. Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad(K) selaku Ketua Komisi Penasehat
2. Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad(K), selaku sekretaris Komisi Penasehat
3. Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, MKM selaku Anggota Komisi Penasehat
4. Dr. dr. Karya Triko Biakto, M.Kes, Sp.OT(K)Spine, MARS selaku Anggota Komisi Penasehat
5. dr. Nurlaily Idris, Sp.Rad(K) 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. Serta ucapan terima kasih atas segala arahan, nasehat dan bimbingan yang telah diberikan selama saya menjalani pendidikan di Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin 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 Makasar.
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 juga selaku Kepala Instalasi RSPTN. Universitas Hasanuddin, dr. Eny Sanre, M.Kes, Sp.Rad(K) selaku Kepala Instalasi Radiologi RS. 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. Junus Baan, Sp.Rad(K), dr. Luthfy Attamimi, Sp.Rad, dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad(K), dr. Dario Nelwan, Sp.Rad(K), dr. Rafika Rauf, Sp.Rad(K), M.Kes, dr. Isqandar Masóud, Sp.Rad (Alm), dr. Isdiana Kaelan, Sp.Rad, dr. Amir Sp.Rad, dr M. Abduh, Sp.Rad, dr. Sri Mulyati, Sp.Rad, dr. Taufiqqul hidayat, Sp.Rad, dr. St. Nazrah Aziz, Sp.Rad, dr. Zatriani, M.Kes, Sp.Rad, dr. Suciati Damopolii, M.Kes, Sp.Rad(K), dr. Erlin Sjahril, Sp.Rad(K), dr. Shofyah Latief, Sp.Rad(K), dr. Rosdianah, Sp.Rad, M.Kes, dr. Besse Arfiana Arif, M.Kes, Sp.Rad(K), dr. Isriyah, M.Kes, Sp.Rad(K), dr. Amelia Bactiar, Sp.Rad, M.Ph, dr. Alia Amalia, Sp.Rad serta seluruh pembimbing dan dosen luar biasa dalam lingkup Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin atas arahan dan bimbingan selama saya menjalani pendidikan.
3. Direksi beserta seluruh staf RS Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSUPTN 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 atas bantuan dan kerjasamanya

5. Kepada suami saya, dr. Astrawinata Guatama, Sp.OT yang selalu mendampingi saya, memberikan semangat, dukungan, doa dan bantuan selama saya menjalani proses pendidikan ini
6. Kepada kedua orang tua saya, Sugianto dan Verina Halim, mertua saya, Joni dan Koh Se Vi, saudara saya, Vimala Ratna, Viliana dan drg.Merry serta segenap keluarga besar yang lainnya, yang sangat saya cintai dan hormati, yang telah dengan tulus dan penuh kasih sayang senantiasa memberikan dukungan, bantuan dan selalu mendoakan saya
7. Teman PPDS terbaik angkatan Januari 2019 serta seluruh teman PPDS Radiologi lainnya yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan dukungan kepada saya selama masa pendidikan dan penyelesaian karya akhir ini.
8. Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil secara langsung maupun tidak langsung, saya ucapkan terimakasih.

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 Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan Kasih karunia-Nya serta membalas budi baik kepada semua pihak yang telah memberikan dukungannya

Makassar, 31 Oktober 2022

NELLY

ABSTRAK

NELLY. Akurasi Parameter Foto Radiografi Konvensional dalam Memprediksi Ruptur Posterior Ligamentous Complex (PLC) pada Pasien Cedera Thorakolumbal yang Dikonfirmasi dengan Magnetic Resonance Imaging (MRI) (dibimbing oleh Mima Muis dan Muhammad Ilyas).

Sebagian besar cedera tulang belakang melibatkan *regio thorakolumbal* dan bersifat tidak stabil. Adanya *burst fracture* disertai dengan ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC) yang tidak dilakukan tindakan pembedahan memiliki risiko mengalami kifotik progresif. Pemeriksaan radiologis awal yang dilakukan adalah foto radiografi konvensional yang dapat dilanjutkan dengan pemeriksaan *computed tomography* (CT) dan *magnetic resonance imaging* (MRI). MRI memberikan visualisasi jaringan lunak yang baik sehingga akan memberikan diagnosis yang akurat dalam memprediksi ruptur PLC. Akan tetapi, penggunaan MRI masih terbatas karena ketersediaannya yang jarang dan bila pasien memiliki kontraindikasi terhadap MRI seperti pemasangan implan metal. Oleh karena itu, akan sangat bermanfaat bila kemungkinan ruptur PLC dapat diprediksi dari foto radiografi konvensional melalui tanda-tanda tidak langsung. Penelitian ini merupakan penelitian uji diagnostik dengan menggunakan data sekunder pasien yang melakukan pemeriksaan foto radiografi konvensional dan MRI di Departemen Radiologi RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo dengan diagnosis fraktur kompresi dan *burst fracture*. Penelitian dilakukan sejak Desember 2020 hingga Agustus 2022 dan didapatkan jumlah sampel sebanyak 73 sampel untuk diukur akurasi parameter foto radiografi konvensional dengan Youdex index. Rerata usia sampel adalah 41.53 tahun (21- 59 tahun) dengan jenis kelamin laki-laki lebih banyak daripada perempuan dan lokasi fraktur terbanyak pada *corpus vertebra* L-1. Dari lima parameter foto radiografi konvensional yang diukur, hanya tiga parameter yang memiliki nilai p yang signifikan, yaitu *supraspinous distance* (SSD), *local kyphosis* (LK), dan *Cobb's angle* (CA) dengan sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi yang bervariasi, sedangkan *anterior vertebral body compression percentage* (AVBC%) dan *anterior edge-inferior endplate angle* (AEIEA) tidak berkorelasi untuk memprediksi ruptur PLC.

Kata kunci: *posterior ligamentous complex*, cedera *thorakolumbal*, *supraspinous distance*, *local kyphosis*, *Cobb's angle*



ABSTRACT

NELLY. *Accuracy of Conventional Radiographic Parameter in Predicting Posterior Ligamentous Complex (PLC) Rupture in Thoracolumbar Fracture Confirmed by Magnetic Resonance Imaging (MRI)* (supervised by Mirna Muis and Muhammad Ilyas).

Most of spinal injuries involve the thoracolumbar region and are unstable. Burst fracture existence accompanied by the posterior ligamentous complex (PLC) rupture which is not treated with a surgical intervention may have the risk of undergoing a progressive kyphotic. The initial radiological examination conducted is the conventional radiograph, which can be followed by a computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI). MRI gives the good soft network visualisation, so that it will give the accurate diagnosis in predicting the PLC rupture. But, MRI use is still limited because it is rare and the patients have the contradiction on MRI such as metal implant. Therefore, it will be useful if the PLC rupture possibility can be predicted from the conventional radiograph through the indirect signs. This was the diagnostic test research the secondary data of the patients having the conventional radiographic and MRI examinations in the Radiology Department of Dr. Wahidin Sudirohusodo Hospital with the diagnoses of the compressive fracture and burst fracture. The research was conducted from December 2020 to August 2022. Samples were as many as 73 patients to be measured the accuracy of the conventional radiographic parameters using Youdex index. The samples' average age is 41.53 years old (21 – 59 years old) with the male patients were more than the female patients, and the mst fracture site is at L1. From five conventional radiographic parameters measured, only three parameters have the significant p values, which are the supraspinous distance (SSD), local kyphosis (LK), and Cobb's angle (CA) with varying sensitivity, specificity, and accuracy, whereas, the anterior vertebral body compression percentage (AVBC%) and anterior edge-inferior endplate angle (AEIEA) do not correlate for predicting the PLC rupture.

Key words: posterior ligamentous complex, thoracolumbar injury, supraspinous distance, local kyphosis, Cobb's angle



DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL DEPAN	i
KARYA AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR).....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1 Tujuan Umum.....	3
1.3.2 Tujuan Khusus	4
1.4 Hipotesis Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1 Anatomi dan RadioanATOMI Tulang Belakang	6
II.2 Cedera Thorakolumbal.....	16

II.3 <i>Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS)</i>	18
II.3.1 Morfologi Fraktur.....	19
II.3.2 Integritas <i>Posterior Ligamentous Complex (PLC)</i>	21
II.3.3 Status Neurologi	22
II.4 Pencitraan Fraktur Thorakolumbal	22
II.4.1 Foto Radiografi Konvensional	22
II.4.2 <i>Multidetector Computer Tomography (MDCT)</i>	26
II.4.3 <i>Magnetic Resonance Imaging (MRI)</i>	27
II.5 Penatalaksanaan.....	29
II.5.1 Penatalaksanaan Non-Operatif	29
II.5.2 Penatalaksanaan Operatif	29
BAB III KERANGKA PENELITIAN.....	31
III.1 Kerangka Teori.....	31
III.2 Kerangka Konsep.....	32
BAB IV METODE PENELITIAN	33
IV.1 Desain Penelitian	33
IV.2 Tempat dan Waktu	33
IV.3 Populasi Penelitian	33
IV.4 Sampel dan Cara Pengambilan Sampel Penelitian	33
IV.5 Perkiraan Jumlah Sampel	33
IV.6 Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	34
IV.6.1 Kriteria Inklusi.....	34
IV.6.2 Kriteria Eksklusi.....	34
IV.7 Identifikasi dan Klasifikasi Variabel	34
IV. 8 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif	35

IV.9 Cara Kerja.....	36
IV.10 Izin Penelitian dan <i>Ethical Clearance</i>	36
IV.11 Pengolahan dan Analisa Data.....	37
IV.12 Alur Penelitian.....	38
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	39
V.1 Hasil Penelitian	39
V.2 Pembahasan.....	43
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
VI.1 Kesimpulan	46
VI.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN	49

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1	<i>Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS)</i>	18
2	Distribusi karakteristik sampel	39
3	Distribusi parameter foto radiografi konvensional	40
4	Analisis bivariat hubungan antara parameter foto radiografi konvensional dengan <i>posterior ligamentous complex</i> (PLC)	41
5	Hasil pengujian <i>Receiver Operating Characteristic</i> (ROC) parameter foto radiografi konvensional dalam memprediksi ruptur <i>posterior ligamentous complex</i> (PLC)	42

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1	<i>Typical</i> vertebra	6
2	Tulang belakang	8
3	Vertebra cervicalis	9
4	Foto radiografi konvensional vertebra cervicalis	9
5	Vertebra thorakalis	10
6	Foto radiografi konvensional vertebra thorakalis	11
7	Vertebra lumbalis	12
8	Foto radiografi konvensional vertebra lumbalis	13
9	Discus intervertebralis dan ligamen vertebralis	15
10	MRI T2WI irisan sagittal pada <i>midline</i> menunjukkan ligamen spinal yang hipointens	16
11	Gambar <i>computed-generated 3D</i> menunjukkan 4 kategori morfologi fraktur berdasarkan klasifikasi TLICS	20
12	Pengukuran <i>supraspinous distance</i>	23
13	Pengukuran <i>kyphosis deformity</i> pada foto radiografi konvensional	24
14	<i>Anterior vertebral height</i>	25
15	Diagram skematik pengukuran <i>anterior edge-inferior endplate angle (AEIEA)</i> yang diukur pada proyeksi lateral	26
16	Tanda-tanda tidak langsung adanya ruptur PLC pada CT scan	27
17	PLC pada MRI lumbal	28
18	Cedera PLC	29

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
PLC	: <i>Posterior Ligamentous Complex</i>
MRI	: <i>Magnetic Resonance Imaging</i>
TLICS	: <i>Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score</i>
CT	: <i>Computed Tomography</i>
ALL	: <i>Anterior Longitudinal Ligament</i>
PLL	: <i>Posterior Longitudinal Ligament</i>
FL	: <i>Flavum Ligament</i>
SSL	: <i>Supraspinous Ligament</i>
ISL	: <i>Infraspinous Ligament</i>
SSD	: <i>Supraspinous Distance</i>
CA	: <i>Cobb's angle</i>
LK	: <i>Local Kyphosis</i>
AVBC	: <i>Anterior Vertebra Body Compression</i>
AEIEA	: <i>Anterior Edge-Inferior Endplate Angle</i>
PACS	: <i>Picture Archiving and Communication Systems</i>
T1WI	: <i>T1-Weighted Image</i>
T2WI	: <i>T2-Weighted Image</i>
STIR	: <i>Short Tau Inversion Recovery</i>
ROC	: <i>Receiver Operating Characteristic</i>
AUC	: <i>Area Under Curve</i>
PPV	: <i>Positive Predicted Value</i>
NPV	: <i>Negative Predicted Value</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1	Contoh perhitungan parameter foto radiografi konvensional dengan <i>posterior ligamentous complex</i> (PLC) intak dan tidak intak	49
2	Rekomendasi Persetujuan Etik	53
3	<i>Curriculum Vitae</i>	54

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Hampir 90% cedera tulang belakang melibatkan regio thorakolumbal dimana lebih dari 50% fraktur thorakolumbal terjadi antara T11 hingga L1, 25-40% fraktur terjadi pada regio thorakal dan 10-14% lainnya terjadi pada regio lumbosakral. Sekitar 50% fraktur thorakolumbal bersifat tidak stabil dan dapat menyebabkan deformitas serta cedera anatomis yang signifikan. Defisit neurologis terjadi pada 20-40% pasien fraktur thorakolumbal berupa paraplegia akibat trauma yang terjadi pada segmen T11 hingga L2. (Santiago et al, 2016)

Untuk menentukan penatalaksanaan yang tepat pada cedera thorakolumbal, akurasi klasifikasi fraktur sangat penting. Sebelum X-ray ditemukan pada tahun 1895, fraktur tulang belakang diklasifikasikan berdasarkan ada atau tidaknya cedera neurologis. Setelah penggunaan radiografi sudah meluas, terdapat banyak kemajuan yang dibuat berdasarkan pemahaman tentang mekanisme, pencitraan dan klasifikasi fraktur. Konsep *Denis' three columns* merupakan klasifikasi yang paling populer dan banyak digunakan. Akan tetapi, sistem klasifikasi ini tidak dapat memprediksi stabilitas tulang belakang. (Santiago et al, 2016)

Belakangan ini, telah banyak literatur yang menunjukkan bahwa integritas *posterior ligamentous complex (PLC)* memiliki pengaruh yang besar pada stabilitas tulang belakang. Adanya *burst fracture* thorakolumbal disertai dengan ruptur PLC termasuk kedalam kondisi yang tidak stabil, dimana pasien yang tidak menjalani tindakan pembedahan memiliki risiko mengalami kifotik progresif. (Chen et al, 2016) Hal ini diakibatkan oleh berkurangnya kemampuan *tensile* dari tulang belakang. Oleh karena itu, penilaian yang akurat mengenai integritas PLC sangat penting dalam penentuan penatalaksanaan pasien yang tepat. (Hartmann et al, 2018)

Vaccaro et al., melaporkan sistem klasifikasi pertama yang memasukkan status neurologis pasien dan ruptur PLC sebagai kriteria yang dievaluasi dalam penentuan penatalaksanaan pasien yaitu *Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS)*, yang kemudian mengalami modifikasi. Sistem klasifikasi ini

menilai tiga parameter, yaitu morfologi fraktur, status neurologis dan integritas PLC, yang kemudian menentukan pasien apakah memerlukan tindakan pembedahan atau tidak. (Vaccaro et al, 2009)

Pada penilaian cedera tulang belakang, pemeriksaan radiologis berperan penting untuk mendeteksi adanya fraktur, menilai keparahan cedera dan membantu klinisi dalam menentukan penatalaksanaan. Pemeriksaan awal yang biasa dilakukan adalah foto radiografi konvensional, yang dapat dilanjutkan dengan pemeriksaan *computed tomography* (CT) dan *magnetic resonance imaging* (MRI). Peranan MRI dalam menilai cedera tulang belakang terus berkembang dimana MRI memberikan visualisasi jaringan lunak yang baik sehingga akan memberikan diagnosis yang akurat dalam memprediksi ruptur PLC. Akan tetapi, penggunaan MRI masih terbatas karena ketersediaannya yang jarang dan bila pasien memiliki kontraindikasi terhadap MRI seperti pemasangan implan metal. Oleh karena itu, akan sangat bermanfaat bila kemungkinan ruptur PLC dapat dievaluasi dari foto radiografi konvensional melalui tanda-tanda tidak langsung. (Hiyama et al, 2015)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh *Hiyama et al.* mengenai hubungan antara ruptur PLC dan parameter radiografi pada pasien cedera thorakolumbal, didapatkan bahwa terdapat keterkaitan antara *local kyphosis* dan pelebaran *supraspinous distance* dengan ruptur PLC. (Hiyama et al, 2015)

Penelitian lain yang dilakukan oleh *Chen et.al*, juga menyatakan bahwa foto radiografi konvensional dapat digunakan sebagai pemeriksaan pendahuluan untuk menilai integritas PLC dimana parameter yang berhubungan dengan ruptur PLC adalah *anterior edge-inferior endplate angle* dan *local kyphosis*. (Chen et al, 2016)

Dalam penelitiannya mengenai hubungan antara ruptur PLC dengan foto radiografi konvensional pada cedera thorakolumbal, *Park et al.*, juga menyatakan terdapat beberapa parameter yang berkaitan yaitu *local kyphosis*, *Cobb's angle* dan *anterior vertebra body compression percentage*. (Park et al, 2005)

Pada penelitian ini diharapkan pemeriksaan foto radiografi konvensional yang lebih murah dan telah tersedia secara luas dibandingkan dengan MRI dapat menjadi modalitas pencitraan awal untuk menilai ruptur PLC yang nantinya akan

membantu klinisi dalam penentuan penatalaksanaan yang tepat terhadap pasien cedera thorakolumbal.

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah diatas, dapat dirumuskan pertanyaan sebagai berikut:

1. Apakah pelebaran *supraspinous distance* memiliki nilai prediksi terhadap integritas *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI)?
2. Apakah *local kyphosis* memiliki nilai prediksi terhadap integritas *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI)?
3. Apakah *Cobb's angle* memiliki nilai prediksi terhadap integritas *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI)?
4. Apakah *anterior edge-inferior endplate angle* memiliki nilai prediksi terhadap integritas *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI)?
5. Apakah *anterior vertebra body compression percentage* memiliki nilai prediksi terhadap integritas *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI)?

I.3. Tujuan Penelitian

I.3.1. Tujuan Umum

Mengetahui akurasi parameter-parameter pada foto radiografi konvensional dalam memprediksi ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI).

I.3.2. Tujuan Khusus

- a. Mengetahui akurasi pelebaran *supraspinous distance* pada foto radiografi konvensional dalam memprediksi ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC)

pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI).

- b. Mengetahui akurasi *local kyphosis* pada foto radiografi konvensional dalam memprediksi ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI).
- c. Mengetahui akurasi *Cobb's angle* pada foto radiografi konvensional dalam memprediksi ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI).
- d. Mengetahui akurasi *anterior edge-inferior endplate angle*, pada foto radiografi konvensional dalam memprediksi ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI).
- e. Mengetahui akurasi *anterior vertebra body compression percentage* pada foto radiografi konvensional dalam memprediksi ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI).

I.4. Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah

1. Pelebaran *supraspinous distance* akurat dalam memprediksi ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI).
2. *Local kyphosis* akurat dalam memprediksi ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI).
3. *Cobb's angle* akurat dalam memprediksi ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI).
4. *Anterior edge-inferior endplate angle* akurat dalam memprediksi ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI).

5. *Anterior vertebra body compression percentage* akurat dalam memprediksi ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC) pada pasien cedera thorakolumbal yang dikonfirmasi dengan *magnetic resonance imaging* (MRI).

I.5. Manfaat Penelitian

- a. Memberikan informasi ilmiah tentang penggunaan foto radiografi konvensional dalam memprediksi ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC).
- b. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi klinisi dalam penentuan penatalaksanaan pasien dengan cedera thorakolumbal
- c. Data penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan yang bermanfaat untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

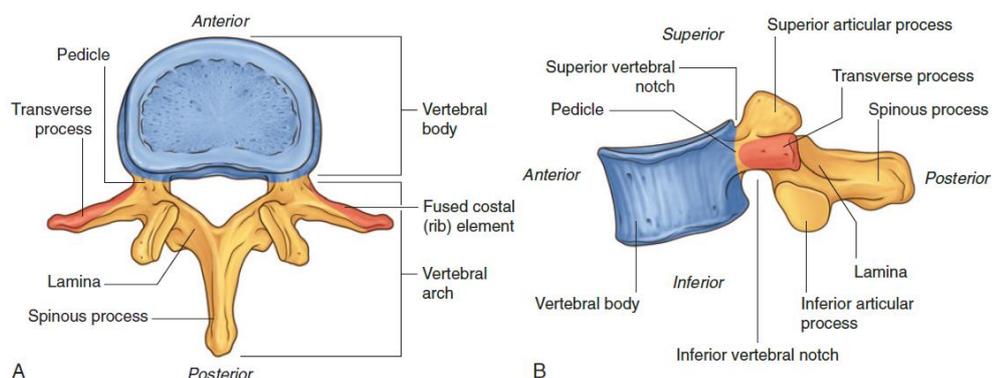
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Anatomi dan Radioanatomi Tulang Belakang

Tulang belakang merupakan komponen skeletal dari punggung, terdiri dari vertebra yang dihubungkan oleh discus intervertebralis dan ligamen. Bersamaan dengan cranium, scapula, tulang pelvis dan tulang kosta membentuk rangkaian tulang pada punggung dan berperan sebagai tempat perlekatan otot. (Drake et al, 2020)

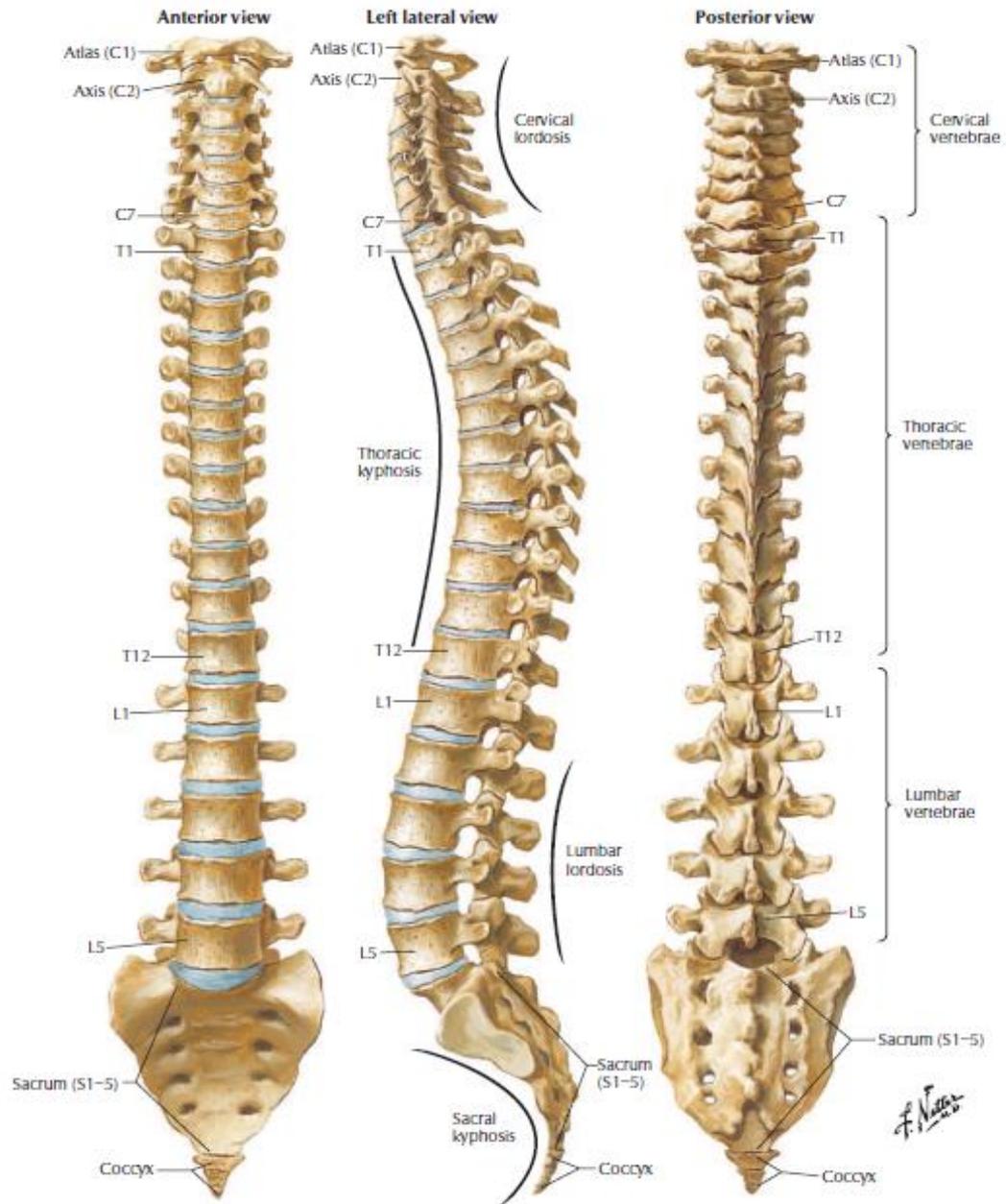
Typical vertebra terdiri dari corpus vertebra dan arkus vertebra. Corpus vertebra berada dibagian anterior dan merupakan komponen *weight-bearing* utama dimana bentuk dan ukurannya bervariasi sesuai dengan segmennya; ukurannya semakin bertambah dari vertebra C2 hingga vertebra L5. (Osborn et al, 2020) Corpus vertebra yang satu dengan vertebra didekatnya dihubungkan oleh discus intervertebralis dan ligamen. Sedangkan arkus vertebra terletak dibagian posterior, terdiri dari pedikel dan lamina yang membentuk aspek lateral dan posterior dari foramen vertebralis (Gambar 1). Terdapat beberapa tonjolan pada arkus vertebra yang berfungsi sebagai tempat perlekatan otot dan berartikulasi dengan tulang didekatnya, yaitu processus spinosus merupakan tonjolan yang dibentuk dari penyatuan kedua lamina dan mengarah ke posteroinferior; processus transversus menonjol ke posterolateral yang menghubungkan pedikel dan lamina dikedua sisi; kemudian tonjolan lain dari persambungan pedikel dan lamina yaitu processus articularis superior dan inferior, yang berartikulasi dengan processus articularis inferior dan superior didekatnya. (Drake et al, 2020)



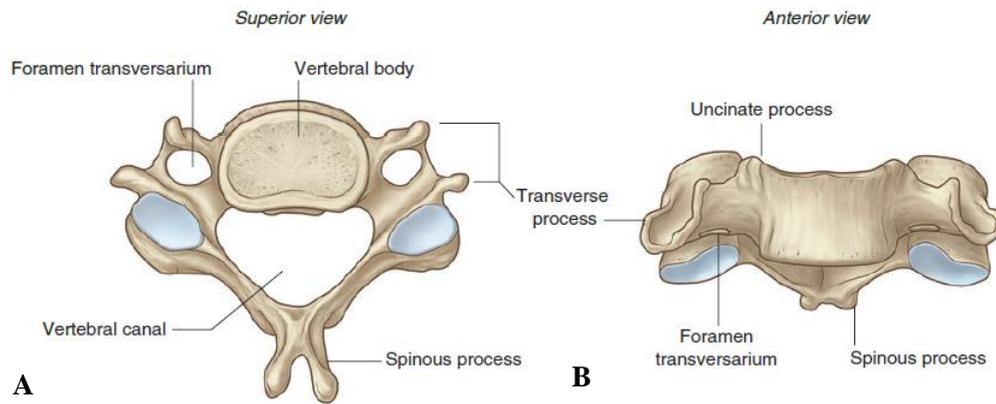
Gambar 1. Typical vertebra. A. Proyeksi superior, B. Proyeksi lateral. (Drake, 2020)

Terdapat 33 vertebra yang dibagi menjadi lima kelompok berdasarkan morfologi dan segmennya (Gambar 2). (Osborn et al, 2020)

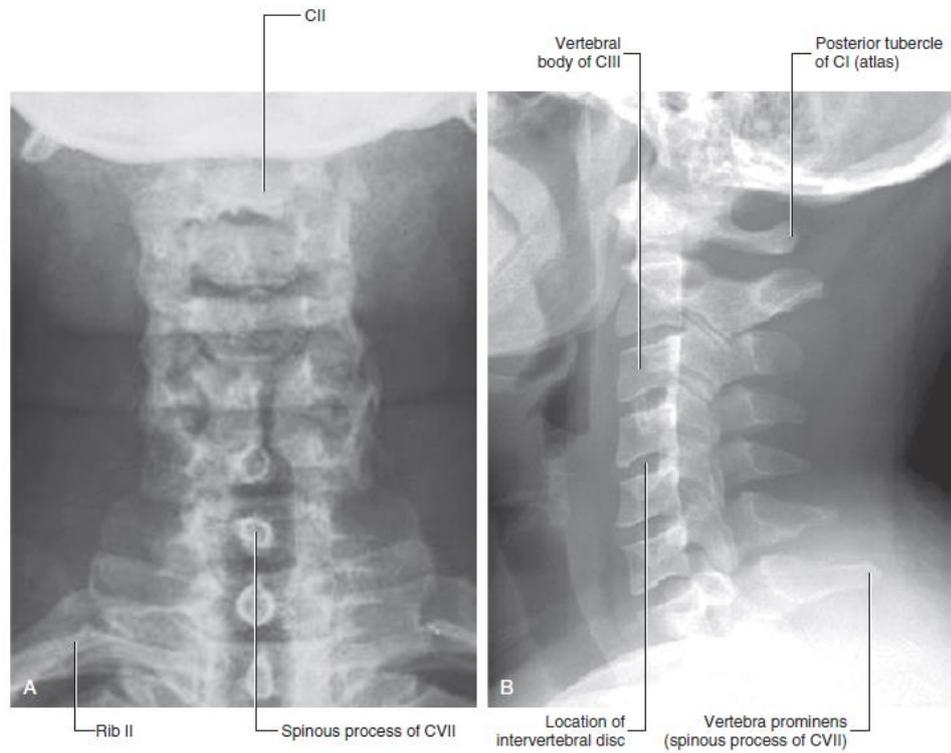
- 7 buah vertebra cervicalis, yang terletak diantara cranium dan thoraks, memiliki ukuran yang kecil dan adanya foramen pada setiap processus transversusnya (jalur arteri vertebralis). Corpus vertebranya pendek dan berukuran persegi bila dilihat dari atas dengan permukaan superior konkaf (membentuk processus uncinatus pada bagian lateralnya) dan permukaan inferior konveks; canalis vertebralisnya berbentuk triangular; processus artikularis berbentuk jajaran genjang dengan permukaan artikulasi superior dan inferior yang miring serta processus spinosusnya pendek dan bifid. Vertebra cervicalis pertama dan kedua – atlas dan axis – memiliki bentuk khusus untuk membantu gerakan kepala (Gambar 3 dan 4).
- 12 buah vertebra thorakalis dimana terdapat artikulasi tulang costa pada corpus dan pada processus transversus. Corpus vertebra seperti *heart-shaped* bila dilihat dari atas; canalis vertebralis berbentuk bulat; pedikel pendek dan mengarah ke posterior, processus artikularis superior berbentuk datar, vertikal dan mengarah ke posterior sedangkan processus artikularis inferior mengarah ke anterior serta processus spinosusnya mengarah ke posteroinferior (Gambar 5 dan 6).
- 5 buah vertebra lumbalis yang terletak inferior dari vertebra thorakalis, memiliki ukuran yang besar dan berfungsi sebagai tulang penyokong untuk dinding abdomen posterior. Corpus vertebra berbentuk silindris serta canalis vertebralis berbentuk triangular dan berukuran lebih besar daripada vertebra thorakalis. Pedikel tebal dan mengarah ke posterior; processus transversus umumnya tipis dan panjang, kecuali pada vertebra L5; processus artikularis superior mengarah posteromedial, sedangkan processus artikularis inferior mengarah ke anterolateral. (Gambar 7 dan 8).
- Selanjutnya 5 buah vertebra sacralis yang berfusi menjadi tulang sacrum; berbentuk triangular dengan apex mengarah ke inferior, konkaf pada permukaan anterior, konveks pada permukaan posterior, dan berartikulasi dengan tulang pelvis di kedua sisinya dan merupakan komponen dari dinding pelvis
- Dibawah tulang sacrum, terdapat sejumlah tulang, biasanya 4 buah vertebra coccygeus yang berfusi menjadi tulang coccyx.



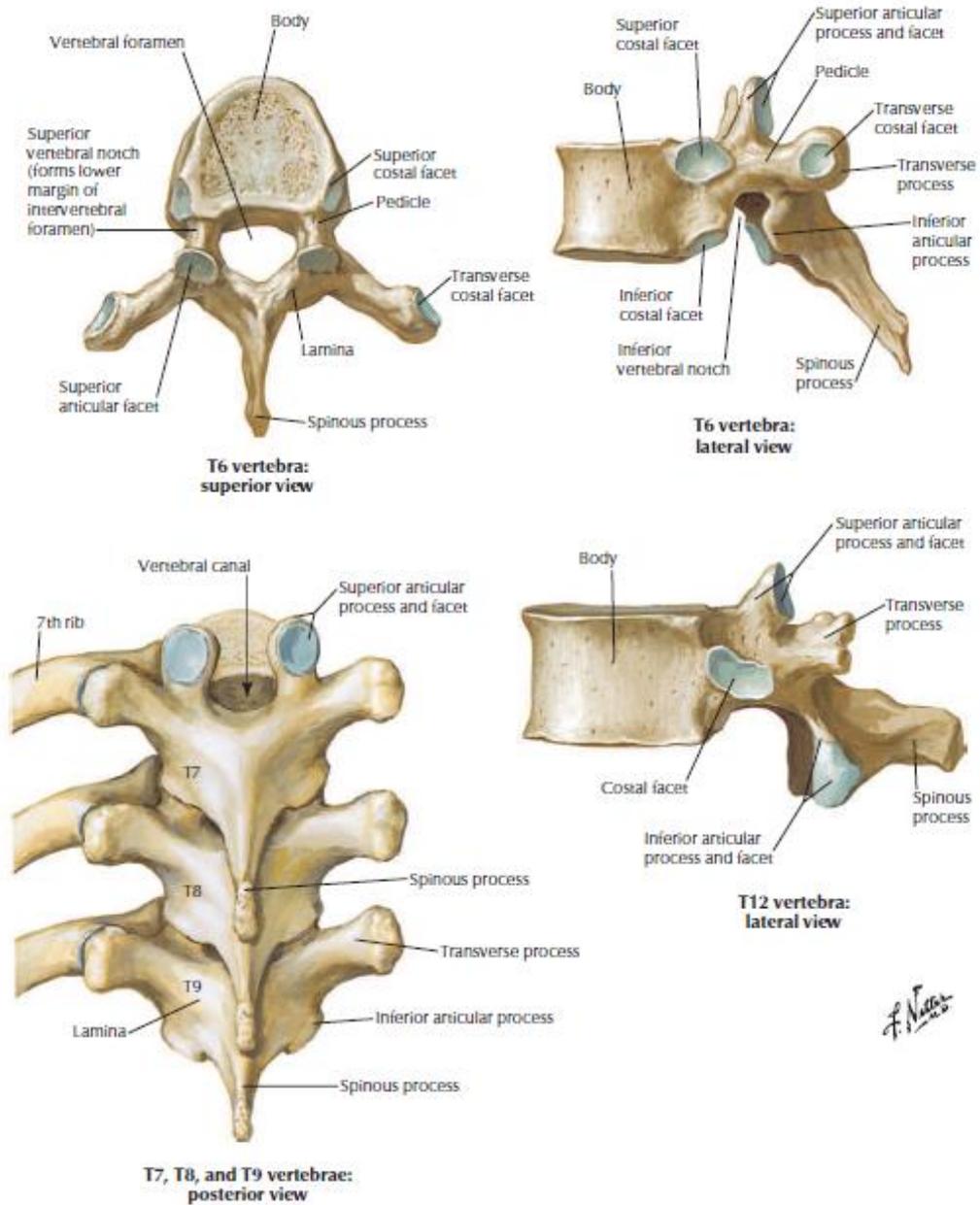
Gambar 2. Tulang belakang. (Netter, 2019)



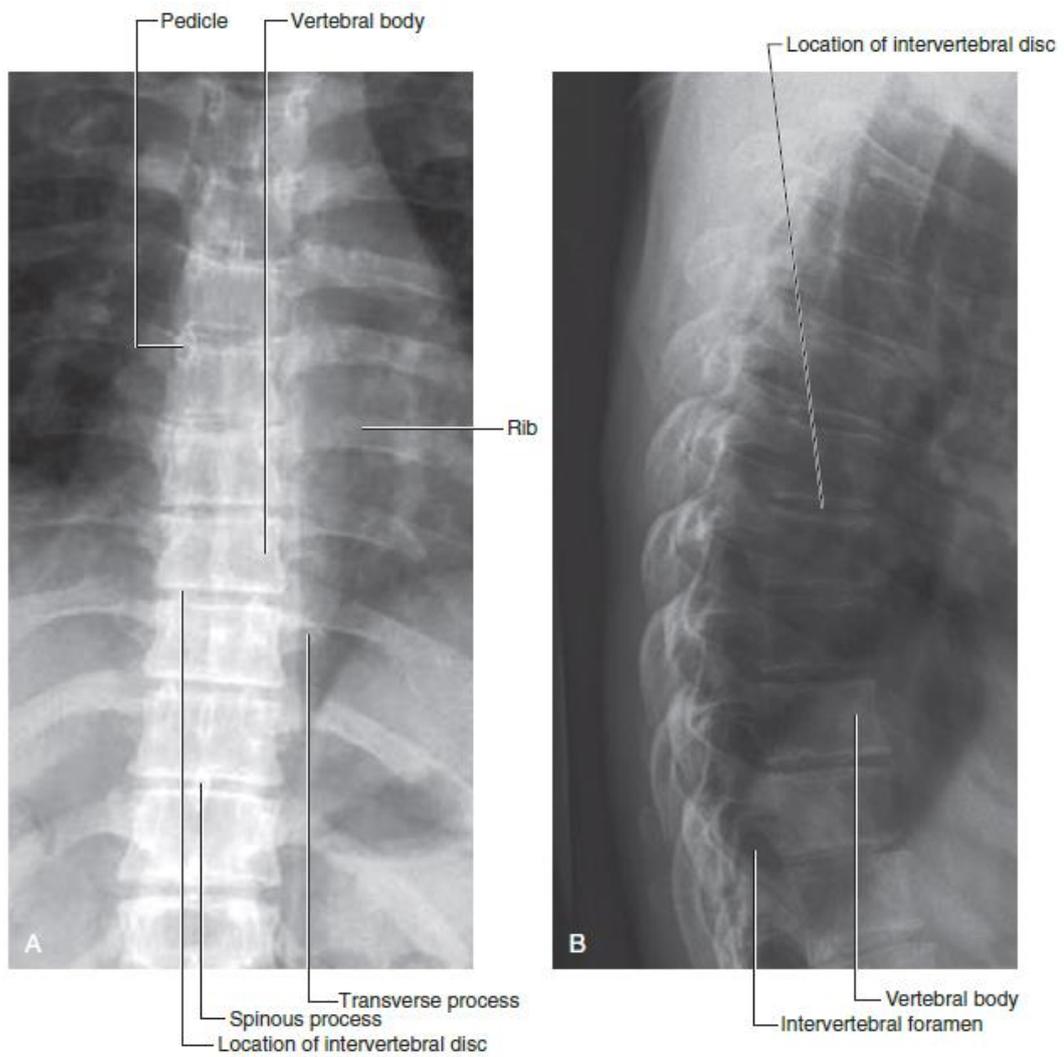
Gambar 3. Vertebra cervicalis. (Drake et al, 2020)



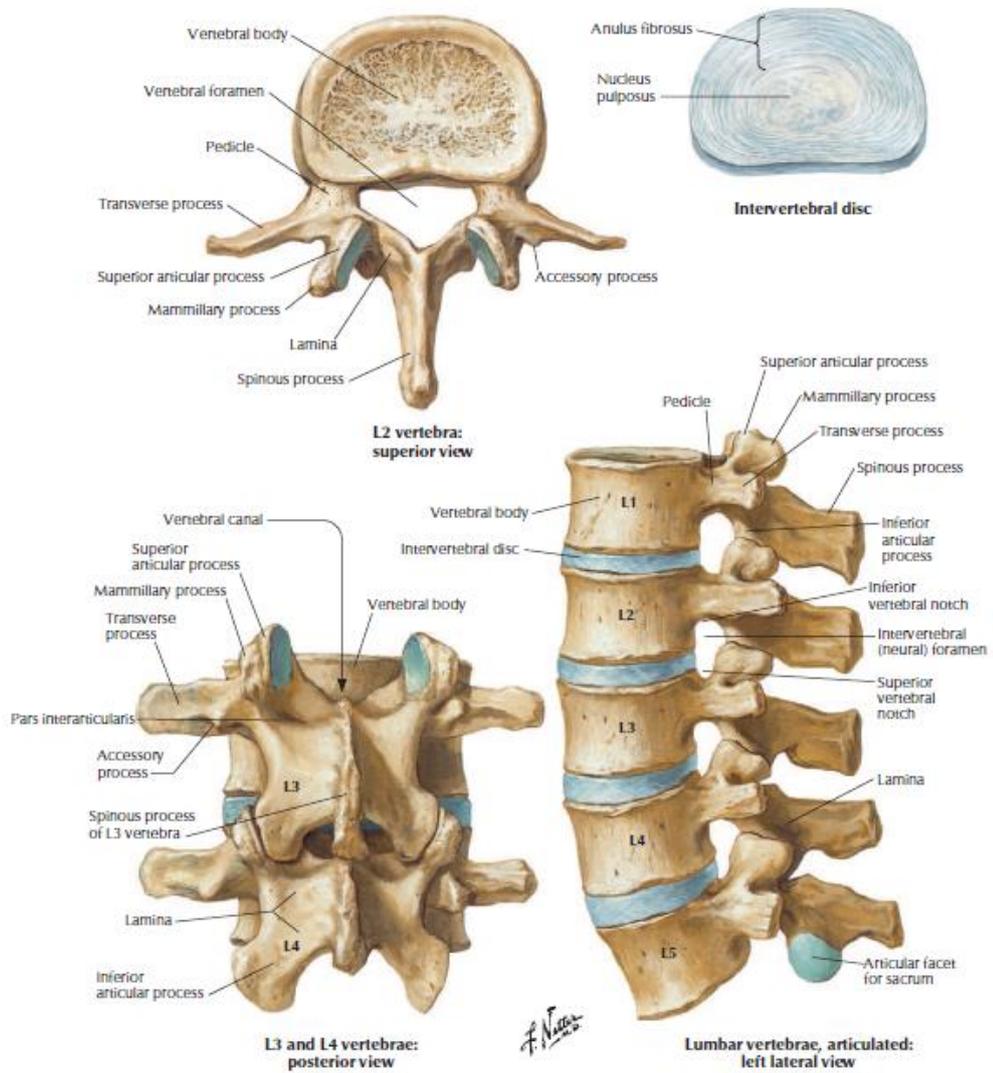
Gambar 4. Foto radiografi konvensional vertebra cervicalis. A. Proyeksi anteroposterior, B. Proyeksi lateral. (Drake et al, 2020)



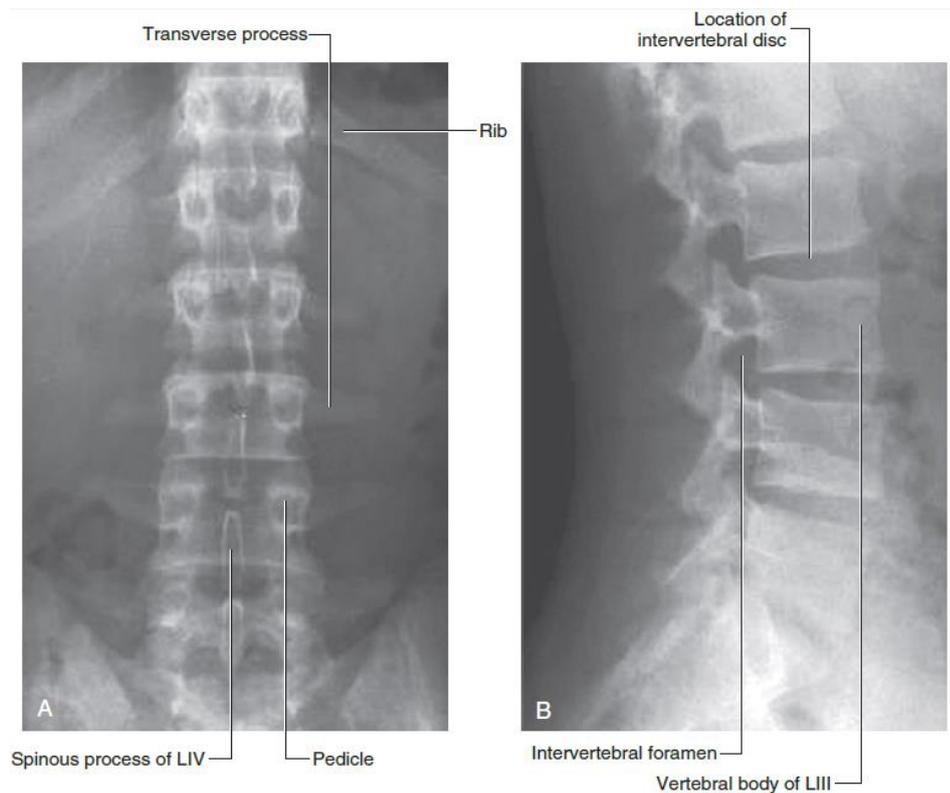
Gambar 5. Vertebra thorakalis. (Netter, 2019)



Gambar 6. Foto radiografi konvensional vertebra thorakalis. A. Proyeksi anteroposterior, B. Proyeksi lateral. (Drake et al, 2020)



Gambar 7. Vertebra lumbalis. (Netter, 2019)



Gambar 8. Foto radiografi konvensional vertebra lumbalis. A. Proyeksi anteroposterior, B. Proyeksi lateral. (Drake et al, 2020)

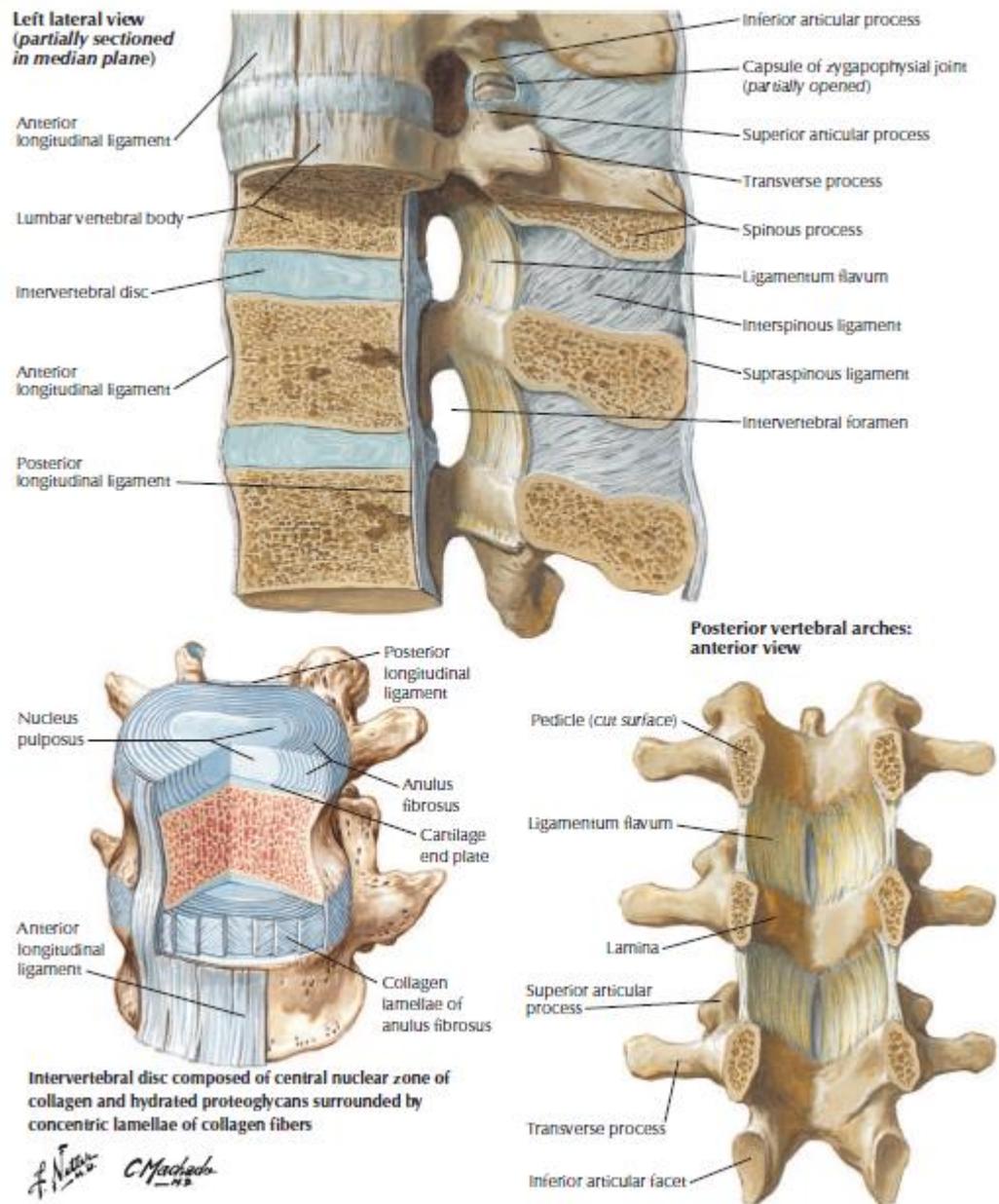
Terdapat dua tipe sendi pada tulang belakang yaitu (Gambar 9): (Drake et al, 2020)

- Simfisis yang terletak diantara corpus vertebra terdiri dari selapis kartilago hialin pada corpus vertebra dan discus intervertebralis, yang terletak diantaranya. Discus intervertebralis terdiri dari *annulus fibrosus* dibagian luar dan *nucleus pulposus* dibagian tengah.
- Sendi *synovial* yang terletak pada processus artikularis superior dan inferior dengan vertebra didekatnya yang disebut *facet joint*. Terdapat kapsul artikular tipis yang melekat pada bagian tepi dari facet dan membungkus setiap sendi.

Sendi diantara vertebra diperkuat dan disokong oleh sejumlah ligamen, yaitu ligamentum longitudinal anterior, ligamentum longitudinal posterior, ligamentum flavum, ligamentum supraspinosus, ligamentum nuchae dan ligamentum interpinosus (Gambar 9). (Drake et al, 2020)

- Ligamentum longitudinal anterior (*anterior longitudinal ligament/ ALL*) melekat pada dasar cranium dibagian superior kemudian memanjang ke inferior dan melekat pada permukaan anterior sacrum. Sepanjang itu, ALL melekat pada corpus vertebra dan discus intervertebralis.
- Ligamentum longitudinal posterior (*posterior longitudinal ligament/ PLL*) terletak diantara permukaan posterior corpus vertebra dan permukaan anterior canalis vertebralis. Seperti ALL, PLL juga melekat pada corpus vertebra dan discus intervertebralis.
- Ligamentum flavum (*flavum ligament/ FL*) merupakan struktur yang tebal dan lebar, terletak pada permukaan posterior canalis vertebralis dan melekat pada lamina vertebra yang satu dengan lamina vertebra lainnya, dikedua sisi.
- Ligamentum supraspinosus (*supraspinous ligament/ SSL*) merupakan ligamen yang kuat, berbentuk seperti kabel, melekat disepanjang ujung processus spinosus vertebra C7 hingga sacrum.
- Ligamentum nuchae merupakan struktur seperti lembaran berbentuk triangular pada bidang sagital median dengan basis triangular melekat pada cranium, apex melekat pada ujung processus spinosus vertebra C7 dan sisi dalam triangular melekat pada tuberositas posterior vertebra C1 dan processus spinosus vertebra cervicalis lainnya.
- Ligamentum interspinosus (*interspinous ligament/ ISL*) merupakan ligamen yang lemah, berbentuk seperti lembaran, melekat diantara processus spinosus vertebra yang satu dengan vertebra yang lain, dari basis hingga apex setiap processus spinosus, melekat ke ligamentum supraspinosus di bagian posterior dan ligamentum flavum dibagian anterior

Ligamen spinal sangat penting dalam mempertahankan *alignment* normal antara segmen vertebra dalam kondisi *physiologic load*. Ligamen normal tampak sebagai hipointens *band* pada semua sekuens MRI, kecuali ligamentum interspinosus yang memiliki *striated appearance* dengan area hipointens dan hiperintens yang selang-seling dibandingkan dengan lemak pada T1WI, dan ligamentum supraspinosus yang memiliki intensitas signal *intermediate* pada sekuens TE pendek serta tampak bergelombang (Gambar 10). (Kumar dan Hayashi, 2016)



Gambar 9. Discus intervertebralis dan ligamen vertebralis. (Netter, 2019)



Gambar 10. MRI T2WI irisan sagital pada *midline* menunjukkan ligamen spinal yang hipointens. (Osborn et al, 2020)

II.2. Cedera Thorakolumbal

Vertebra thorakolumbal mencakup vertebra thorakal (T1-10), *thoracolumbar junction* (T11-L2) dan vertebra lumbal (L3-5). *Thoracolumbar junction* merupakan daerah transisi antara vertebra thorakal dan lumbal, yang berperan sebagai titik tumpu dari peningkatan pergerakan dan berperan sebagai subjek *biomechanical stress* dari transisi kedua segmen vertebra ini. Akibat *natural stress* yang terjadi pada regio ini, fraktur thorakolumbal mencakup hampir 90% dari seluruh fraktur tulang belakang. Terjadinya fraktur ini memerlukan trauma *high-energy* dan umumnya terjadi pada laki-laki usia 20 hingga 40 tahun, Cedera ini paling sering terjadi akibat tabrakan kendaraan bermotor, jatuh dari ketinggian dan lebih jarang terjadi akibat cedera olahraga ataupun kekerasan. Pasien dengan cedera ini umumnya juga mengalami cedera kepala, dada, tulang panjang dan cedera neurologis. (Warnick et al, 2019)

Stabilitas mekanis merupakan faktor yang penting dalam penentuan penatalaksanaan pasien dengan cedera tulang belakang. Stabilitas tulang belakang yang dimaksud berupa kemampuan untuk mencegah terjadinya cedera neurologis dan progresivitas deformitas akibat *physiologic loading* dan pergerakan normal.

Stabilitas tulang belakang bergantung pada integritas komponen tulang dan ligamen. Cedera baik pada salah satu atau kedua komponen tersebut akan menyebabkan ketidakstabilan tulang belakang dan diperlukan tindakan pembedahan. (Khurana et al, 2013)

Unit fungsional tulang belakang terdiri dari 2 vertebra dan jaringan lunak penghubungnya. Unit fungsional bagian anterior terdiri dari kesejajaran 2 corpus vertebra, diskus intervertebralis, ALL dan PLL. Sedangkan bagian posterior terdiri dari arkus vertebra, *facet joint* dan elemen posterior. Bagian anterior tulang belakang berfungsi sebagai penahan *axial loading*, dimana corpus vertebra menahan *compressive loading*, sedangkan diskus intervertebralis yang terdiri dari *central nucleus pulposus* menyerap dan mendistribusikan *compressive loading* secara hidrostatis dan *annulus fibrosus* menahan *circumferential tensile stress* yang dihasilkan. *Motion segment* dari bagian posterior tulang belakang berfungsi untuk mengarahkan pergerakan tulang belakang dimana tipe pergerakannya ditentukan oleh orientasi dari bidang *facet joint*. *Motion segment* dari bagian posterior vertebra berupa *posterior ligamentous complex* (PLC), yang terdiri dari ligamentum supraspinosus (SSL), ligamentum interspinosus (ISL), kapsul *facet joint* dan ligamentum flavum (FL), yang berperan penting dalam stabilisasi tulang belakang. Ligamentum supraspinosus dan ligamentum interspinosus memiliki kemampuan *tensile* yang tinggi dan membatasi pergerakan flexi dari tulang belakang. Ligamentum flavum memiliki kemampuan *contractile force* pada arkus vertebra ketika ligamentum flavum memanjang selama pergerakan flexi dimana *contractile force* ini akan menarik dan mempertahankan kesejajaran vertebra. *Facet joint* merupakan kelanjutan dari lamina dengan kartilago hialin pada permukaan artikulasinya. *Facet joint* merupakan elemen utama dalam melawan gaya rotasi atau torsi. Pada ekstensi aktif, *facet joint* berfungsi sebagai titik tumpu, sehingga mengurangi tekanan pada kolumna anterior. (Khurana et al, 2013)

PLC berperan sebagai *tension band* dari kolumna posterior tulang belakang. Hal ini disebabkan sumbu rotasi terletak pada anterior dari atau pada pertengahan anterior dari corpus vertebra pada posisi tegak, maka terdapat keseimbangan konstan dari ligamentum posterior dan muskulus spina erektor yang melawan pada posisi istirahat dan bergerak untuk mencegah *compressive force* pada corpus vertebra. (Khurana et al, 2013) PLC mencegah tulang belakang dari gerakan

translasi, rotasi, fleksi dan distraksi yang berlebihan, yang mana menunjukkan pentingnya peranan PLC dalam menjaga stabilitas tulang belakang.(Chen et al, 2016)

II.3. *Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS)*

Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS) merupakan klasifikasi paling komprehensif yang umumnya digunakan oleh ahli ortopedi dalam menentukan terapi pasien cedera thorakolumbal. TLICS berfokus pada 3 variabel utama yaitu morfologi cedera, integritas *posterior ligament complex* (PLC) dan status neurologis pasien. Setiap variabel ini memiliki pembagiannya masing-masing dan diberi skor sesuai dengan tingkat keparahan pada kategori tersebut (Tabel 1). (Gamanagatti et al, 2015)

Injury category	Point value
Injury morphology	
Compression	1
Burst	2
Translation or rotation	3
Distraction	4
PLC Status	
Intact	0
Injury suspected or indeterminate	2
Injured	3
Neurologic status	
Intact	0
Nerve root involvement	2
Spinal cord or conusmedullaris injury	
Incomplete	2
Complete	3
Cauda equina syndrome	3

Tabel 1. *Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score (TLICS)* (Gamanagatti et al, 2015)

Penjumlahan skor pada masing-masing kategori digunakan untuk merekomendasikan strategi penanganan yang tepat. Bila skor kurang dari 4 mengindikasikan pasien tidak memerlukan tindakan operasi; skor lebih dari 4 mengindikasikan pasien memerlukan intervensi pembedahan; skor 4 mengindikasikan pasien dapat diterapi secara pembedahan ataupun konservatif sesuai dengan pertimbangan dokter ahli ortopedi.(Warnick et al, 2019) Adapun

faktor yang mengindikasikan tindakan operasi berupa *local kyphosis* yang berat atau kolaps vertebra, fraktur terbuka, obesitas yang mempersulit pemasangan korset, atau pada kasus poli trauma yang memerlukan mobilisasi segera, Sedangkan faktor yang menjadi kontraindikasi tindakan pembedahan berupa kerusakan jaringan lunak yang parah, komorbid medis dan kualitas tulang yang buruk, misalnya pada osteoporosis berat. (Santiago et al, 2016)

II.3.1. Morfologi fraktur

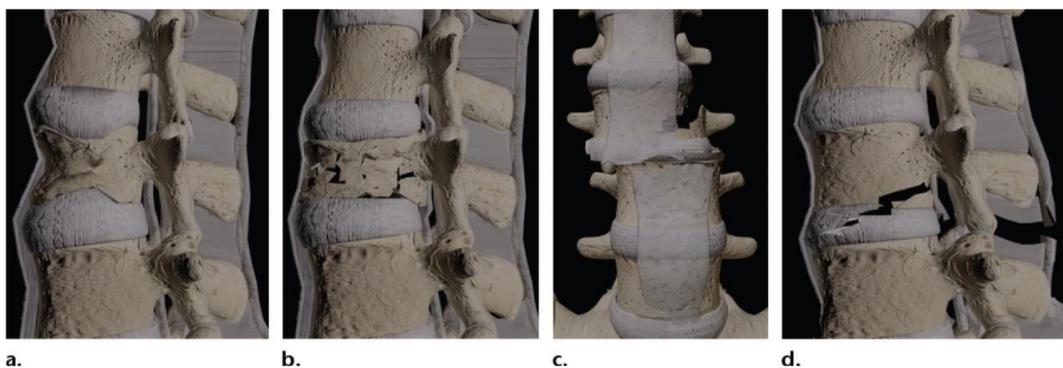
Deskripsi morfologi fraktur didapat berdasarkan temuan dari foto konvensional, *computed tomography* (CT) scan atau *magnetic resonance imaging* (MRI) (Gambar 11).

Compression fracture didefinisikan sebagai *loss of vertebral body height* atau disrupsi dari *endplate* vertebra. Cedera ini biasanya disebabkan oleh *axial loading* atau fleksi lateral. Kompresi yang tidak terlalu berat hanya melibatkan aspek anterior dari corpus vertebra, sedangkan dinding posterior vertebra dan *canalis spinalis* normal. Cedera dengan energi yang lebih tinggi akan mengakibatkan *burst fracture*, (Khurana et al, 2013) dimana terdapat keterlibatan aspek posterior corpus vertebra dengan berbagai derajat retropulsi fragmen fraktur pada *canalis spinalis* dan kemungkinan besar mengakibatkan cedera neurologis. Secara radiologis, tampak berkurangnya *posterior vertebral height*, bertambahnya jarak interpedikular dan *posterior cortical line disruption*. (Warnick et al, 2019) Berdasarkan klasifikasi TLICS, skor untuk morfologi fraktur kompresi adalah 1 poin dan skor *burst fracture* adalah 2 poin. Fraktur kompresi dengan deformitas bidang koronal lebih dari 15° diberi skor 2 poin. (Khurana, et al, 2013)

Translation fracture (3 poin) didefinisikan sebagai *horizontal displacement* atau rotasi dari satu corpus vertebra terhadap corpus vertebra lainnya. Fraktur ini terjadi akibat torsi dan *shear force*, dan digambarkan dengan adanya rotasi *processus spinosus* dislokasi-fraktur *facet* unilateral atau bilateral, dan subluksasi vertebra. (Khurana et al, 2013) Cedera ini melibatkan komponen tulang dan ligamen yang mendukung stabilitas tulang belakang. Umumnya, fraktur tipe ini jarang terjadi karena memerlukan energi tinggi serta mengakibatkan defisit neurologis signifikan dan paraplegia. Secara radiologis dapat dijumpai translasi yang jelas antara corpus vertebra yang satu dengan corpus vertebra lainnya. (Warnick et al, 2019)

Ketidakstabilan translasi anteroposterior paling baik dilihat dari foto konvensional posisi lateral atau CT scan atau MRI irisan sagital, sedangkan ketidakstabilan mediolateral paling baik dilihat pada foto konvensional posisi anteroposterior atau CT scan irisan koronal. (Khurana et al, 2013) Pada CT scan, dislokasi facet akan memberikan gambaran “*naked facet*” pada irisan axial akibat hilangnya kedudukan normal antara dua facet. (Santiago et al, 2016)

Distraction fracture (4 poin) didefinisikan sebagai disosiasi anatomis sepanjang sumbu vertikal dan melibatkan ligamen bagian anterior dan posterior, elemen tulang bagian anterior dan posterior, atau kombinasi keduanya. (Khurana et al, 2013) Terjadi akibat cedera tipe *flexion-distraction* pada vertebra thorakolumbal yang disebabkan oleh kecelakaan kendaraan bermotor atau jatuh dari ketinggian. Umumnya merupakan fraktur yang tidak stabil, yang meluas dari kolumna posterior ke kolumna media, dengan kolumna anterior bertindak sebagai porosnya, dan sering disertai dengan defisit neurologis dan cedera organ intraabdominal. Secara radiologis, pada proyeksi antero-posterior, akan terlihat *interspinous widening* akan memberikan gambaran “*empty bodies*”. Sedangkan pada proyeksi lateral akan terlihat aspek posterior vertebra dimana dijumpai adanya fraktur transversal pada pedikel dan processus transversus. Pada CT scan, tampak “*dissolving pedicle*” dimana pedikel vertebra terkesan menghilang bila dibandingkan dengan pedikel vertebra pada level lainnya. Selain itu, kebanyakan pasien umumnya juga mengalami *burst fracture* secara bersamaan. (Warnick et al, 2019)



Gambar 11. Gambar *computed-generated 3D* menunjukkan 4 kategori morfologi fraktur berdasarkan klasifikasi TLICS: (a) fraktur kompresi (1 poin), (b) kompresi disertai *burst fracture* (2 poin), (c) *translation* atau *rotation injury* (3 poin), (d) *distraction injury* (4 poin). (Khurana et al, 2013)

II.3.2. Integritas *Posterior Ligamentous Complex (PLC)*

PLC berperan sebagai *posterior tension band* dari *columna vertebra* yang menjaga tulang belakang dari gerakan fleksi, ekstensi, translasi dan distraksi berlebihan. Integritas PLC ini dinilai dalam TLICS. Bila terdapat disrupsi, segmen PLC yang cedera memerlukan tindakan pembedahan karena kemampuan sembuh PLC yang jelek. Tanpa pembedahan, PLC yang cedera akan mengakibatkan progresifitas kifosis dan mengakibatkan kolaps vertebra. (Khurana et al, 2013)

Integritas PLC dikategorikan sebagai *intact*, *indeterminate*, atau *injured*. Penilaian PLC dapat dilakukan dengan foto konvensional, CT scan atau MRI. Disrupsi PLC pada foto konvensional atau CT scan menunjukkan adanya pelebaran supraspinosus, fraktur avulsi dari aspek superior atau inferior dari *processus spinosus*, pelebaran *facet joint*, *empty ("naked") facet joint*, dislokasi *facet joint*, atau translasi atau rotasi *corpus vertebra*. (Khurana et al, 2013) Selain itu, menurut *Rajasekaran et al*, adanya kifosis lebih dari 20° berkaitan dengan kemungkinan adanya ruptur PLC. (Warnick et al, 2019)

Tidak seperti CT scan, MRI memungkinkan visualisasi langsung dari PLC, dengan sensitivitas 91% dan spesifitas 100% dan oleh karena itu merupakan pemeriksaan *gold standard* dalam mendeteksi cedera PLC. Setiap komponen PLC memerlukan analisa tersendiri. Ligamentum flavum dan ligamentum supraspinosus paling baik dinilai pada MRI T1WI atau T2WI irisan sagital berupa *low signal intensity continuous black stripes*. Ligamentum interspinosus paling baik dievaluasi dengan MRI STIR atau T2 *fat-saturated* irisan sagital. MRI T2 *fat-saturated* irisan axial untuk melihat edema atau cairan pada kapsul facet. Tanda yang paling *reliable* untuk cedera PLC adalah adanya disrupsi dari *low-signal-intensity black stripe* dari ligamentum flavum dan ligamentum supraspinosus, cairan pada kapsul facet atau edema pada *processus interspinosus*. MRI lebih akurat dalam mendeteksi cedera ligamentum flavum dan ligamentum supraspinosus, sehingga langsung dapat dikategorikan sebagai *intact* atau *disrupted*, dan kurang akurat untuk mendeteksi cedera ligamen interspinosus dan kapsula facet, sehingga sering dikategorikan sebagai *indeterminate* karena hanya memberikan gambaran edema dan bukan disrupsi yang jelas. (Khurana et al, 2013)

PLC yang intak diberi skor 0, dan cedera ligamen yang jelas diberi nilai 3. Adanya edema terisolasi tanpa adanya disrupsi ligamen termasuk dalam kategori *indeterminate* dan diberi skor 2. (Khurana et al, 2013)

II.3.3. Status Neurologis

Status neurologis pasien merupakan indikator penting keparahan cedera medulla spinalis. Sistem TLICS membagi status neurologis pasien menjadi 5 kategori berdasarkan keparahan defisit neurologis dan potensi kesembuhan pasien. Status neurologis intak pada pemeriksaan klinis diberi skor 0 poin. Cedera medula spinalis komplit atau cedera saraf tepi diberi skor 2 poin. Sindrom cauda equina atau cedera medula spinalis inkomplit diberi skor 3 poin karena pasien dengan tipe cedera ini akan menerima lebih banyak manfaat dari tindakan pembedahan dekompresi dibandingkan dengan pasien dengan cedera medula spinalis komplit atau pasien yang awalnya tidak memiliki cedera neurologis. (Khurana et al, 2013)

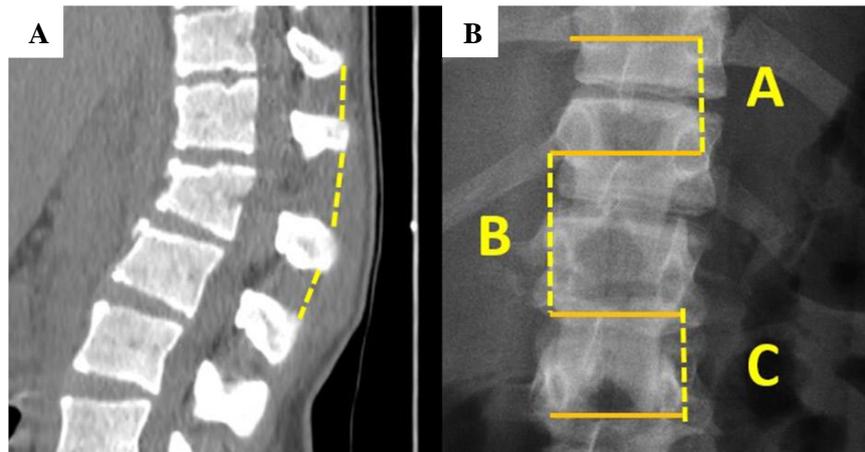
Walaupun status neurologis pasien tidak dapat secara langsung dinilai dengan pencitraan, namun cedera medulla spinalis atau cedera saraf tepi yang teridentifikasi pada MRI harus dilaporkan. Retropulsi osseous atau penyempitan kanalis spinalis dapat dibuktikan dari foto radiografi konvensional, CT scan ataupun MRI serta harus dilaporkan persentase penyempitan kanalis spinalis tersebut. (Khurana et al, 2013)

II.4. Pencitraan Fraktur Thorakolumbal

II.4.1. Foto Radiografi Konvensional

Foto radiografi konvensional proyeksi antero-posterior (AP) dan lateral merupakan modalitas pencitraan awal pada cedera tulang belakang. (Santiago et al, 2016)

Proyeksi AP digunakan untuk menilai *interpedicular distance* yang akan melebar pada *burst fracture*, dan juga *supraspinous distance* yang akan melebar pada cedera *posterior ligamentous complex* (PLC). (Santiago et al, 2016) Menurut metode Neumann, adanya pelebaran *supraspinous distance* sebanyak 20% bila dibandingkan dengan *supraspinous distance* normal didekatnya, merupakan tanda adanya *unstable PLC* dan dibutuhkan tindakan pembedahan (Gambar 12). (Jacob Jr et al, 2015)



Gambar 12. Pengukuran *supraspinous distance*. (A) *Multiplanar reformat* (MPR) dari *multidetector computed tomography* (MDCT) irisan sagital menunjukkan adanya pelebaran *supraspinous distance* yang dicurigai sebagai ruptur *posterior ligamentous complex* (PLC). (B) Pengukuran *supraspinous distance* pada foto radiografi konvensional proyeksi AP adalah dengan mengukur jarak antara tepi atas *processus spinosus* vertebra yang fraktur dengan tepi atas *processus spinosus* vertebra disebelahnya. Persentase pelebaran *supraspinous distance* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

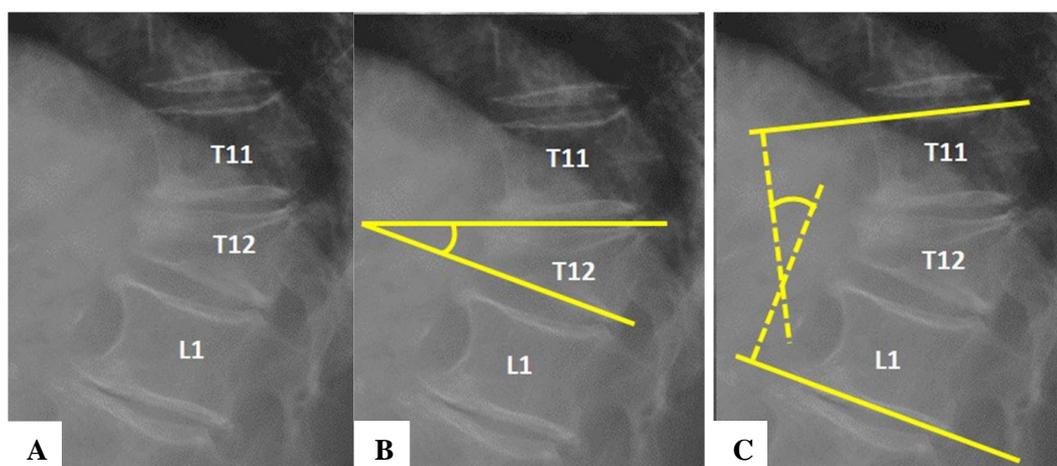
$$= \frac{\left(B - \frac{(A + C)}{2} \right)}{\frac{(A + C)}{2}} \times 100$$

% pelebaran $\frac{\left(B - \frac{(A + C)}{2} \right)}{\frac{(A + C)}{2}} \times 100$, dimana A adalah *supraspinous distance* dari vertebra normal di atasnya, B adalah *supraspinous distance* pada vertebra yang fraktur, dan C adalah *supraspinous distance* dari vertebra normal dibawahnya. (Santiago et al, 2016)

Pada proyeksi lateral, terdapat beberapa parameter yang perlu dinilai yaitu *kyphotic deformity* (*Cobb's angle* dan *local kyphosis*), *vertebral body height loss* dan *anterior edge-inferior endplate angle* (AEIEA).

Kifosis merupakan deformitas yang paling sering terjadi pada cedera thorakolumbal dan dapat diukur dengan beberapa metode yaitu *regional kyphosis* (*Cobb's angle*), *Gardner's method*, *posterior wall angle*, *adjacent endplates method* dan *local kyphosis* (*wedge angle*). Tidak terdapat literatur yang menyebutkan mengenai metode pengukuran yang menjadi "gold standard" ataupun "true value" yang menjadi *cut-off* untuk menilai *kyphotic deformity*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sadiqi, et al., teknik yang paling sering digunakan untuk mengukur kifosis adalah dengan *regional kyphosis* (*Cobb's angle*), disusul dengan *local*

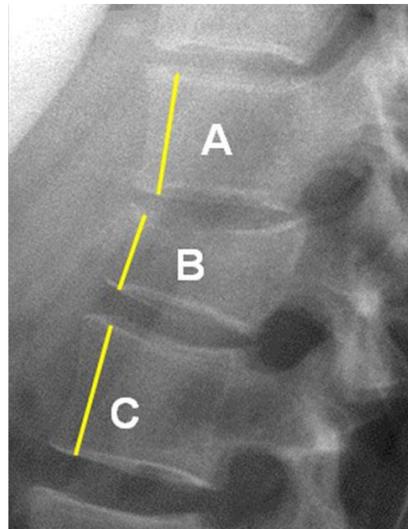
kyphosis (wedge angle). (Sadiqi et al, 2016) Sedangkan menurut *Spine Trauma Group Study*, pengukuran *kyphotic deformity* dengan metode *regional kyphosis* direkomendasikan karena realibilitas yang lebih tinggi, diikuti oleh *local kyphosis* (Gambar 13). Akan tetapi, perlu diingat bahwa adanya *vertebral wedging* tidak selalu berarti adanya fraktur vertebra. Pada vertebra normal, terdapat *anterior wedging* pada T1 hingga L2 (terutama pada T7), *non-wedged* pada L3 dan *posterior wedging* pada L4-L5 (terutama pada L5) dengan batas maksimal 10° . (Santiago et al, 2016) Pada beberapa penelitian menunjukkan bahwa *kyphotic angle* antara 15° - 30° berkaitan dengan instabilitas PLC. (Sadiqi et al, 2016) Menurut penelitian yang dilakukan oleh *Park et al*, *Cobb's angle* $> 20^{\circ}$ dan *local kyphosis* $> 20^{\circ}$ berkaitan dengan cedera PLC. (Park et al, 2005) Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh *Chen et al* dan *Yousefzadeh-Chabok et al*, didapatkan *local kyphosis* $> 25^{\circ}$ lebih signifikan berkaitan dengan cedera PLC dibandingkan dengan *local kyphosis* $> 20^{\circ}$. (Yousefzadeh-Chabok et al, 2020)



Gambar 13. Pengukuran *kyphosis deformity* pada foto radiografi konvensional. (A) *Wedge fracture* pada T12. (B) *Local kyphosis* adalah sudut yang dibentuk oleh *endplate* superior dan *endplate* inferior dari vertebra yang fraktur. (C) *Regional kyphosis* adalah sudut yang dibentuk oleh *endplate* superior vertebra diatas vertebra yang fraktur dan *endplate* inferior vertebra dibawah vertebra yang fraktur. (Santiago et al, 2016)

Sedangkan untuk pengukuran *vertebral body height loss*, terdapat 2 metode, yaitu dengan *anterior/ middle column vertebral body compression ratio* (VBCR) dan *anterior vertebral body compression percentage* (AVBC%). Walaupun metode VBCR lebih banyak digunakan oleh para ahli, namun *Spine Trauma Group Study*

merekomendasikan pengukuran *vertebra body height loss* dengan metode AVBC% (Gambar 14). (Sadiqi, et al, 2016) Menurut penelitian yang dilakukan oleh *Park et al*, adanya AVBC% lebih dari 40% berkaitan dengan adanya cedera PLC.

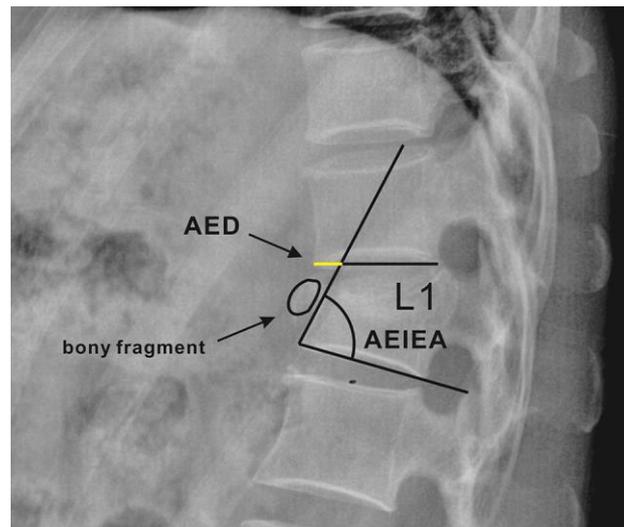


Gambar 14. *Anterior vertebral height.* Persentase *anterior vertebral body compression* dapat diukur dengan rumus sebagai berikut:

$$= \frac{\left(\frac{(A + C)}{2} - B \right)}{\frac{(A + C)}{2}} \times 100$$

% *anterior vertebral body compression* , dimana A adalah tinggi dari aspek anterior vertebra normal di atasnya, B adalah tinggi dari aspek anterior vertebra yang fraktur dan C adalah tinggi dari aspek anterior vertebra normal dibawahnya. (Santiago et al, 2016)

Anterior edge-inferior endplate angle (AEIEA) merupakan salah satu pengukuran yang diukur pada proyeksi lateral, merupakan sudut yang dibentuk antara dinding anterior dan *endplate* inferior dari vertebra yang fraktur. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh *Chen et al.*, didapatkan AEIEA < 70° berkaitan dengan ruptur PLC (Gambar 15). (Chen et al, 2016)



Gambar 15. Diagram skematik pengukuran *anterior edge-inferior endplate angle* (AEIEA) yang diukur pada proyeksi lateral. (Chen et al, 2016)

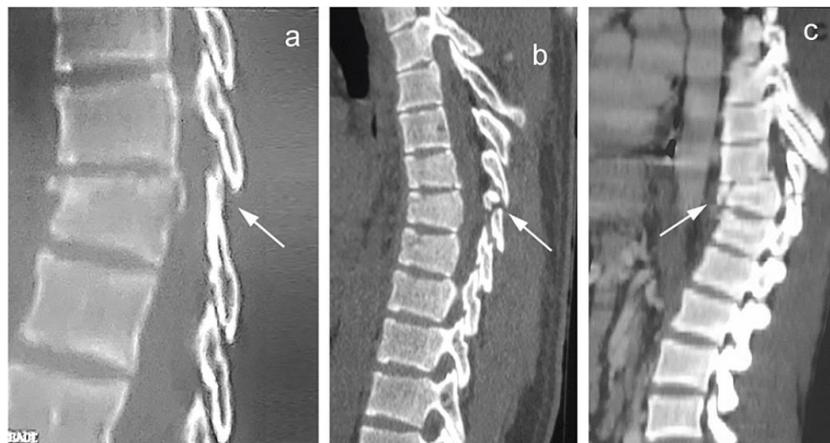
II.4.2. Multidetector Computed Tomography (MDCT)

Belakangan ini, pada kebanyakan pusat kesehatan, CT tulang belakang sudah termasuk dalam modalitas pencitraan awal pada trauma energi tinggi, tidak hanya jika terdapat nyeri punggung, namun pada semua kasus untuk mengeksklusikan adanya fraktur dan cedera thorakoabdominal lainnya. Pada pasien poli-trauma, adanya fraktur vertebra pada suatu segmen vertebra mengindikasikan perlunya CT tulang belakang secara keseluruhan karena sekitar 20% pasien menunjukkan fraktur vertebra yang tidak berdekatan. MDCT juga diindikasikan pada trauma energi rendah dengan hasil radiografi konvensional normal, namun dengan kecurigaan klinis yang menetap. Jika dijumpai adanya fraktur pada foto radiografi konvensional maka dianjurkan untuk dilakukan CT scan tulang belakang yang mencakup dua vertebra diatas dan dibawah dari level fraktur untuk menilai instabilitas dan mengklasifikasikan fraktur secara lebih akurat, dimana terkadang dapat terjadi misdiagnosis *burst fracture* sebagai fraktur kompresi anterior. (Santiago et al, 2016)

Semua pengukuran yang dilakukan pada foto radiografi konvensional juga dilakukan pada pemeriksaan MDCT. Selain itu, dilakukan pengukuran dimensi kanal dengan *sagittal-to-transverse canal diameter ratio* dan *canal total cross-sectional area* untuk menilai stenosis kanal yang dianggap sebagai parameter yang berguna untuk memprediksi cedera neurologis. (Santiago et al, 2016)

Pada fraktur-dislokasi, dilakukan pengukuran derajat translasi dari corpus vertebra. Adanya translasi vertebra lebih dari 3.5 mm dianggap berkaitan dengan cedera PLC. (Santiago et al, 2016)

Seperti halnya pada foto radiografi konvensional, jaringan lunak tidak dapat dilihat secara langsung pada CT scan. Oleh karena itu, adanya cedera PLC dapat dicurigai bila dijumpai adanya temuan-temuan tertentu yang menjadi petunjuk seperti adanya pelebaran celah processus spinosus, avulsi pada tepi atas maupun bawah processus spinosus, pelebaran *facet joint*, *empty ("naked") facet joint*, dislokasi *facet joint* dan adanya translasi atau rotasi vertebra (Gambar 16). (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)



Gambar 16. Tanda-tanda tidak langsung adanya ruptur PLC pada CT scan irisan sagital: (a) pelebaran celah processus spinosus, (b) avulsi dari processus spinosus, dan (c) translasi dari corpus vertebra yang fraktur. (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)

II.4.5. *Magnetic Resonance Imaging (MRI)*

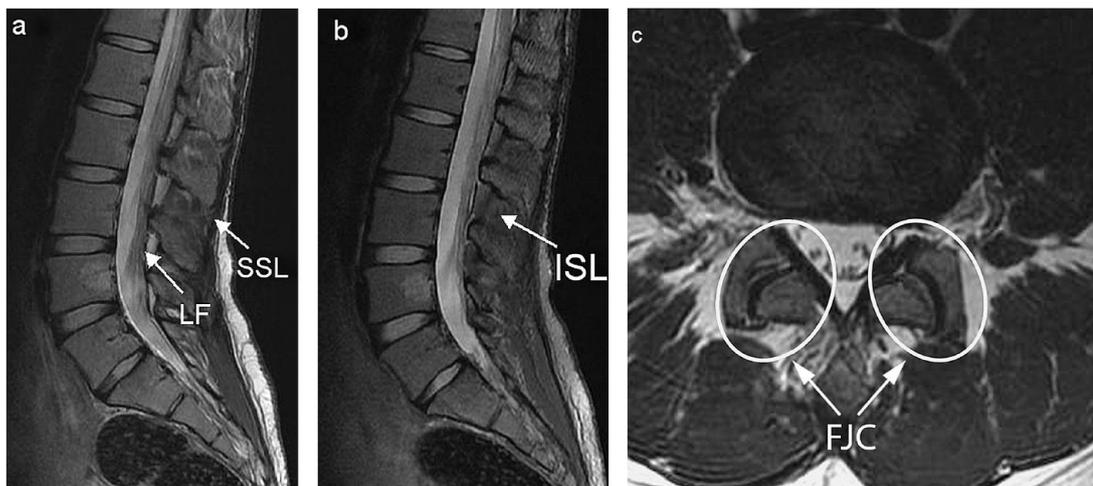
Walaupun status neurologis dapat dinilai secara klinis, MRI direkomendasikan untuk menentukan lokasi cedera secara tepat dan menentukan perluasan cedera. Berdasarkan sudut pandang radiologis, cedera medula spinalis dibagi menjadi tiga tingkatan pada T2WI yaitu: (I) pendarahan medula spinalis berupa lesi hipointens dan memiliki prognosis yang buruk; (II) edema medula spinalis berupa lesi hiperintens dan memiliki prognosis yang baik; dan (III) kontusio atau pendarahan kecil yang dikelilingi oleh edema berupa lesi dengan intensitas campuran dengan prognosis *intermediate*. Adanya edema medula spinalis pada 1

segmen vertebra memiliki prognosis pemulihan neurologis yang lebih baik daripada edema yang melebihi 1 segmen vertebra. (Santiago et al, 2016)

MRI juga dapat menilai perluasan cedera anatomis. Adanya ruptur PLC tanpa adanya deficit neurologis mengindikasikan perlunya tindakan pembedahan. MRI diperlukan bila pemeriksaan klinis ataupun CT scan tidak dapat menentukan integritas PLC. (Santiago et al, 2016)

MRI merupakan modalitas *gold standard* dalam menilai integritas PLC dengan sensitivitasnya mencapai 90%. Pemeriksaan ini memungkinkan visualisasi jaringan lunak sekitar vertebra secara langsung. Setiap elemen PLC paling baik dinilai dengan sekuens yang berbeda (Gambar 17). (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)

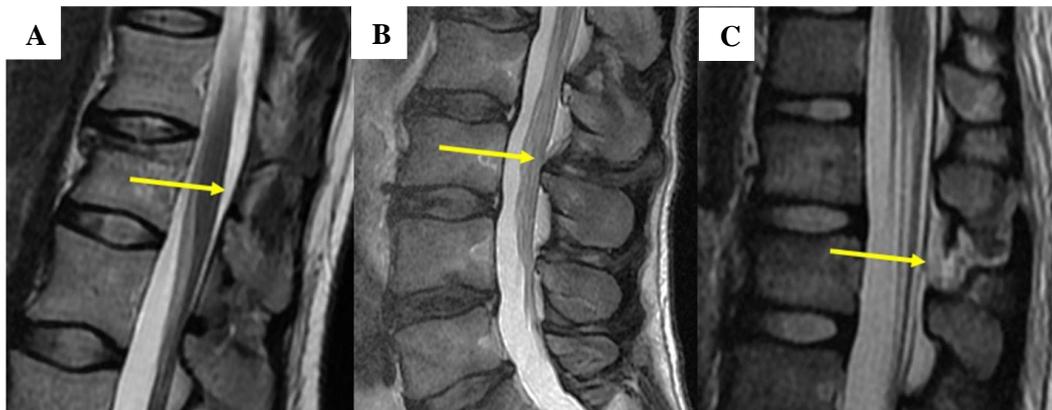
- MRI T1WI dan T2WI irisan sagital paling baik untuk menilai LF dan SSL
- MRI STIR irisan sagital paling baik untuk menilai ISL
- MRI STIR irisan axial paling baik untuk menilai *facet joint capsule*.



Gambar 17. PLC pada MRI Lumbal. (a) MRI Lumbal sekuens T2WI irisan sagital menunjukkan *supraspinous ligament* (SSL) dan *ligamentum flavum* (LF). (b) MRI Lumbal sekuens STIR irisan sagital menunjukkan *interspinous ligament* (ISL). (c) MRI Lumbal sekuens STIR irisan axial menunjukkan *facet joint capsule* (FCJ). (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)

Ruptur ligamen diperlihatkan sebagai interupsi yang jelas dari ligamen yang normalnya tampak hipointens dan digantikan dengan lesi intensitas tinggi. (Gambar 18). MRI secara akurat menilai cedera ligamen supraspinosus dan ligamentum

flavum, dan kurang akurat untuk menilai cedera ligamen interspinosus dan cedera kapsul facet. (Santiago et al, 2016)



Gambar 18. Cedera PLC. (A) PLC intact (panah); (B) cedera indeterminate; (C) cedera komplisit (panah) (Santiago et al, 2016)

II.5. Penatalaksanaan

Pilihan penatalaksanaan pasien cedera thorakolumbal bervariasi dari penatalaksanaan non-pembedahan hingga instrumentasi dan fusi tulang belakang. Penatalaksanaannya bergantung pada banyak hal, dimana stabilitas tulang belakang dan status neurologis memegang peranan utama. (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)

II.5.1. Penatalaksanaan Non-Operatif

Fraktur stabil dapat ditangani dengan penatalaksanaan non-operatif dimana kondisi yang mencakup fraktur ini adalah hanya berupa cedera osseous tulang belakang yang mana akan mengalami penyembuhan nantinya. Meskipun demikian, pemantauan ketat secara klinis dan radiologis sangat penting. Akan tetapi bila dijumpai adanya cedera PLC, maka dibutuhkan tindakan pembedahan. (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)

II.6.2. Penatalaksanaan Operatif

Adanya cedera PLC akan mengakibatkan gangguan pada proses penyembuhan dimana tanpa tindakan pembedahan, ruptur PLC ini dapat mengakibatkan ketidakstabilan tulang belakang, deformitas kifosis progresif dan semakin kolapsnya fraktur vertebra. Untuk mencegah hal ini, pada fraktur tulang

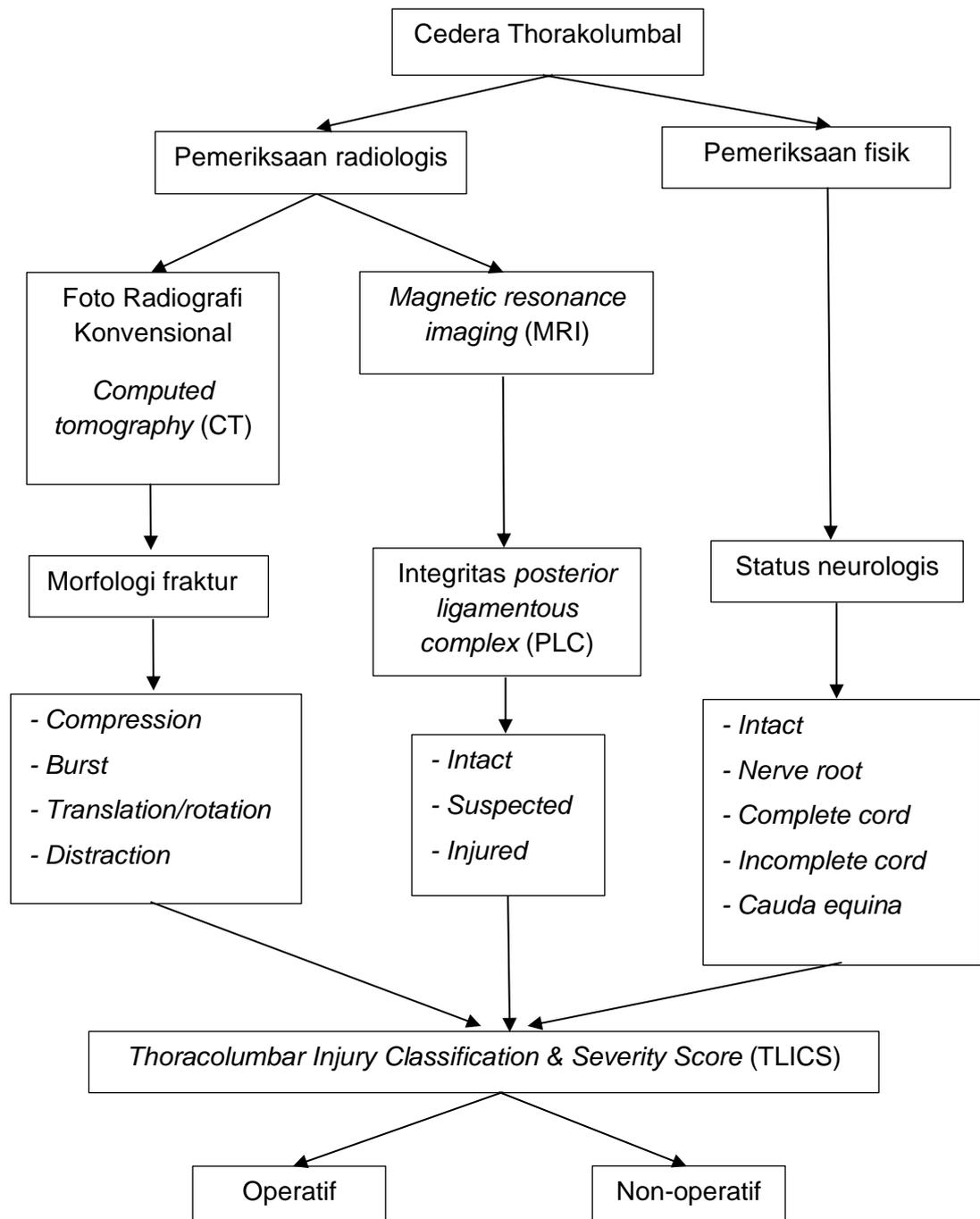
belakang dibutuhkan instrumentasi dimana pada ruptur PLC dilakukan fusi tulang belakang dan pada kompresi neurologis dilakukan tindakan dekompresi. (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)

Terdapat beberapa pendekatan fiksasi tulang belakang, yaitu melalui pendekatan posterior, anterior atau kombinasi keduanya baik dengan fiksasi segmen panjang atau pendek serta dengan atau tanpa instrumentasi pada vertebra yang fraktur. (Bizdikian dan Erachkidi, 2021)

BAB III

KERANGKA PENELITIAN

III.1. Kerangka Teori



III.2. Kerangka Konsep

