

*Laporan Penelitian*

**PROGNOSIS UNTUK TERJADINYA INSTABILITY  
LUMBOSACRAL PADA PASIEN LOW BACK PAIN  
YANG DIRUJUK KE BAGIAN RADIOLOGI  
RUMAH SAKIT PKU MUHAMMADIYAH  
BANTUL DARI JULI 2020-2021 DENGAN  
PENGUKURAN LUMBOSACRAL  
ANGLE DAN LUMBAR  
LORDOTIK ANGLE**



Oleh:

dr. Elvina Prisila, Sp. Rad

Pembimbing :

Dr. dr. Hermina Sukmaningtyas, Sp. Rad(K)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa studi sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan proposal ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. dr. Paulus Rahardjo, Sp. Rad (K) sebagai ketua PERAMI.
2. Dr. dr. Hermina Sukmaningtyas, M.Kes., Sp. Rad(K) sebagai pembimbing dan Koordinator Program Fellowship PERAMI yang telah membantu dan memberi masukan dalam proses penelitian ini.
3. Dr. dr. Elysanti Martadiani, Sp. Rad(K) sebagai sekretaris Bidang Pendidikan PERAMI.
4. Teman teman radiografer RS PKU Muhammadiyah Bantul yg ikut andil membantu dlm proses penyelesaian tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga proposal ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Bantul, 27-Januari 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Hal</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>1</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>2</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>4</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>5</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>6</b>
1.1.Latar Belakang.....	6
1.2.Rumusan Masalah.....	7
1.3.Tujuan Penelitian.....	7
1.4.Manfaat Penelitian.....	7
1.4.1. Manfaat bagi Peneliti.....	7
1.4.2. Manfaat bagi Institusi Pendidikan .....	8
1.4.3. Manfaat bagi Masyarakat.....	8
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1.Tulang Lumbal .....	4
2.1.1. Diskus Intervertebralis ( <i>Intervertebralis disc</i> ).....	4
2.1.2. Sendi Zygapophyseal ( <i>Facet</i> ) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.3. Kanalis Spinalis dan Kanalis Invertebralis .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.4. Otot dan Ligamen .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.5. Struktur Tulang .....	8
2.1.6. Artikulasi dan Ligamen.....	9
2.1.7. Anatomi Anterior dan Instrumentasi.....	10
2.1.8. Anatomi Posterior dan Instrumentasi.....	12
2.2.Tulang Sakrum .....	13
2.3.Nyeri Pinggang Bawah ( <i>Low Back Pain</i> ).....	18
2.4.Kelainan Degeneratif Tulang Lumbal .....	18
2.5.Pengukuran dalam Instabiliti Lumbal.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB 3 KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1.Kerangka Konsep .....	13
3.2.Hipotesis Penelitian .....	13
<b>BAB 4 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>
4.1.Rancangan Penelitian .....	16
4.2.Tempat dan Waktu Peneltian.....	16
4.3.Penentuan Sumber Data.....	16
4.3.1.Sampel Penelitian .....	16
4.3.2.Kriteria Inklusi .....	16
4.3.3.Kriteria Eksklusi.....	16
4.3.4.Besar Sampel.....	16
4.4.Variabel Penelitian .....	16
4.4.1.Klasifikasi Variabel.....	16
4.4.2.Definisi Operasional.....	17
4.5.Bahan dan Instrumen Penelitian .....	17

4.5.1. Bahan Penelitian.....	17
4.5.2. Instrumen Penelitian.....	17
4.6. Prosedur dan Tahap Penelitian.....	17
4.7. Analisis Data.....	17
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>18</b>

**DAFTAR TABEL**

**Hal**

**DAFTAR GAMBAR**

**Hal**

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

*Low back pain* atau nyeri punggung bawah menjadi permasalahan kesehatan yang penting karena 70 – 75 % populasi seluruh dunia pernah menderita setidaknya sekali seumur hidup.<sup>1</sup> Berdasarkan data studi, nyeri punggung bawah mempengaruhi setidaknya 40 – 60 % populasi usia produktif dan mempengaruhi kualitas hidup akibat gangguan jangka panjang. Di Asia, selama periode 4 tahun ditemukan bahwa terdapat 30% dari 42.785 subjek yang terlibat nyeri punggung bawah. Di Indonesia menunjukkan prevalensi nyeri punggung bawah terdapat pada 21,8% dari 8.160 subjek dengan gejala utama yaitu sensasi tertusuk, sensasi terkena listrik, terbakar, kesemutan, dan nyeri berlebihan. Rentang usia yang dilakukan pada studi lain menunjukkan prevalensi dari nyeri punggung bawah adalah 38,4 pada usia 50 – 59 tahun.<sup>2</sup>

Nyeri punggung bawah merupakan nyeri pada *trunk* posterior diantara tulang rusuk dan *gluteal folds*.<sup>3</sup> Menurut *World Health Organization* (WHO), nyeri memiliki 150 tipe atau jenis yang mengganggu muskuloskeletal salah satunya nyeri punggung bawah.<sup>4</sup> Faktor yang memengaruhi diantaranya adalah usia, jenis kelamin, dan jenis pekerjaan.<sup>2,3</sup>

Spondylolithesis berhubungan dengan ketidakstabilan tulang belakang dan disebabkan oleh pergerakan abnormal di korpus vertebra terhadap korpus vertebra dibawahnya dengan gejala klinis seperti nyeri punggung bawah. Gerakan tersebut bisa berupa arah anterior (*spondylolistesis anterior*), posterior (*retroliththesis*), atau lateral (*listesis lateral*). Spondylolithesis memiliki tipe antara lain adalah *dysplastic* yang berhubungan dengan kelainan proporsi secara kongenital pada bagian atas sakrum; *isthmic* yang disebabkan oleh fraktur akut, elongasi dari *pars interarticularis*; *degenerative*; *traumatics* adalah fraktur pada struktur lain selain isthmus; dan patologis yaitu merupakan hasil dari kelainan tulang umum atau lokalisata.<sup>5</sup>

Pengukuran spondylolithesis antara lain adalah *Pelvic Incidence*, *Pelvic Radius Angle*, *Geometric Proof*, *L5 Incidence Angle*, *Pelvic Tilt*, *Sacral Slape*, *L4 Incidence Angle*, *Sacral Table Angle*, *Meyerding Classification*, dan *Lumbosacral*

*Angle. Lumbosacral Angle* diukur menggunakan foto radiografi. Pengukuran dilakukan dengan pengambilan sudut oleh garis *end-plate Sacrum-1* (S1) dan *end-plate* posterior dari Lumbal-5 (L5). Hasil dari pengukuran tersebut akan menunjukkan lordosis apabila negatif dan kifosis apabila positif.<sup>1,6</sup> Pengukuran ini berfungsi untuk perawatan pasien dengan gangguan punggung bawah karena dipengaruhi oleh peradangan, degenerasi, dan lainnya.<sup>6</sup>

Berdasarkan penelitian Kagyalan et all, pengukuran menggunakan *Lumbosacral Angle* dapat memberikan pilihan dalam rencana perawatan pasien lebih baik daripada pengukuran lainnya. Berdasarkan hal tersebut, peneliti tertarik untuk melihat prognosis untuk terjadinya *Instability Lumbosacral* pada pasien *low back pain* yang dirujuk ke Bagian Radiologi Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Bantul dari Juli 2020-2021 dengan pengukuran *lumbosacral angle* dan *Lumbar Lordotik Angle*.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Bagaimana prognosis untuk terjadinya *Instability Lumbosacral* pada pasien *low back pain* yang dirujuk ke Bagian Radiologi Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Bantul dari Juli 2020-2021 dengan pengukuran *lumbosacral angle* dan *Lumbar Lordotik Angle*?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Untuk mengetahui prognosis untuk terjadinya *Instability Lumbosacral* pada pasien *low back pain* yang dirujuk ke Bagian Radiologi Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Bantul dari Juli 2020-2021 dengan pengukuran *lumbosacral angle* dan *Lumbar Lordotik Angle*.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

### **1.4.1. Manfaat bagi Peneliti**

Menambah ilmu pengetahuan dan wawasan dalam bidang kedokteran spesialis radiologi tentang prognosis untuk terjadinya *Instability Lumbosacral* pada pasien *low back pain* yang dirujuk ke bagian radiologi Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Bantul dari Juli 2020-2021 dengan pengukuran *lumbosacral angle* dan *Lumbar Lordotik Angle*.

#### **1.4.2. Manfaat bagi Institusi Pendidikan**

Memberikan referensi pengetahuan dalam pengembangan ilmu pengetahuan kedokteran spesialis Radiologi mengenai prognosis untuk terjadinya *Instability Lumbosacral* pada pasien *low back pain* yang dirujuk ke Bagian Radiologi Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Bantul dari Juli 2020-2021 dengan pengukuran *lumbosacral angle* dan *Lumbar Lordotik Angle*..

#### **1.4.3. Manfaat bagi Masyarakat**

Memberikan informasi ilmiah mengenai prognosis untuk terjadinya *Instability Lumbosacral* pada pasien *low back pain* yang dirujuk ke Bagian Radiologi Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Bantul dari Juli 2020-2021 dengan pengukuran *lumbosacral angle* dan *Lumbar Lordotik Angle*..

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tulang Lumbal

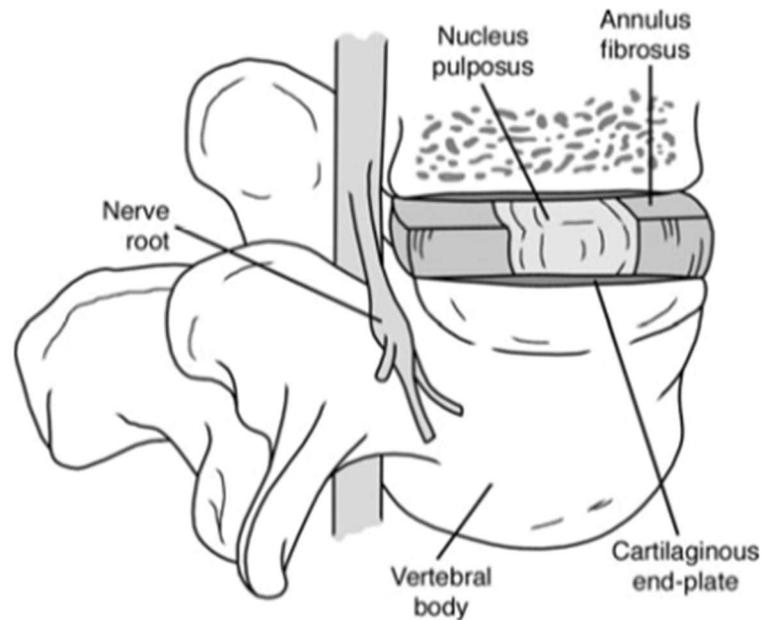
Tulang lumbal atau vertebra lumbal merupakan bagian dari tulang belakang atau vertebra yang berada di daerah lumbar berisi lima tulang dilambangkan dengan L1-L5 dengan kondisi lordosis normal antara 40 – 70 derajat dengan puncak terletak diantara L3-4.<sup>7</sup> Oleh karena itu, regio lumbal merupakan daerah yang paling mudah dan cepat mengalami degenerasi karena posisinya yang paling banyak menahan beban mekanik. Regio ini juga tersusun dari lima *vertebral body* yang *mobile*, empat diskus intervertebralis, dengan satu diskus pada *thoracolumbar junction* dan *lumbosacral junction*.<sup>8</sup>

Vertebra lumbal yang khas memiliki beberapa ciri yang berbeda dari vertebra servikal maupun toraks. Perbedaan yang paling menonjol adalah adanya tubuh vertebral yang besar. Prosesus spinosus pendek dan tebal serta menonjol secara tegak lurus dari tubuh. Pada sisi artikular, posisinya sangat vertikal serta *facets* superior mengarah ke posteromedial dan medial. *The facets* juga memiliki bentuk untuk yaitu permukaan yang artikular yang *curvy* atau melengkeng. Hal tersebut yang membedakan vertebra lumbal dengan toraks. Selain hal tersebut, adanya penambahan prosesus mamillaris pada aspek posterior dari prosesus artikularis superior. Tinggi diskus intervertebralis lumbal berapa diantara diskus intervertebralis servikal dan toraks.<sup>7</sup>

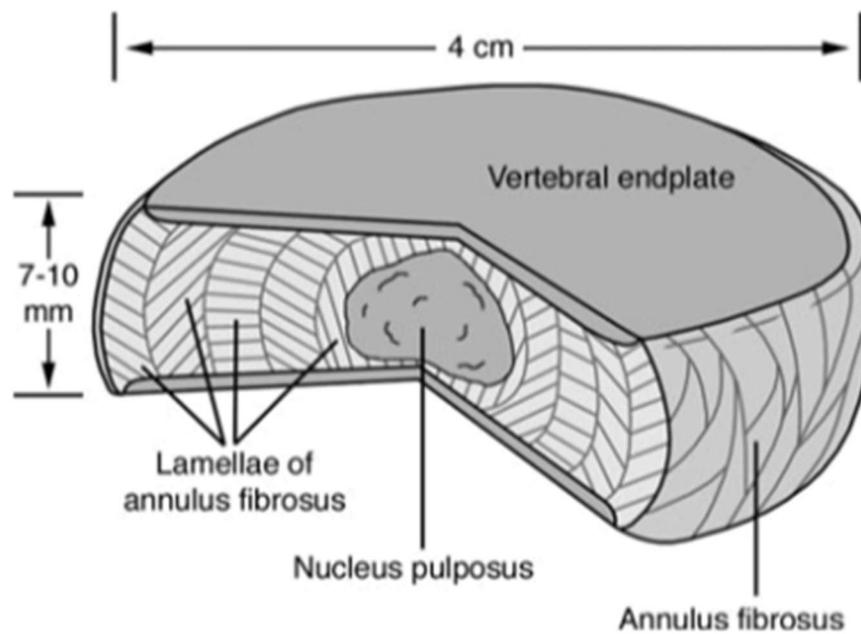
#### 2.1.1. Diskus Intervertebralis (*Intervertebralis disc*)

*Intervertebral disc* atau diskus intervertebralis merupakan sendi diantara dua *vertebral body* yang terdiri dari dua regio utama dengan nukleus pulposus lunak dibagian tengah dan lapisan luar berupa kolagen dari annulus fibrosus.<sup>8</sup> Ketebalan antara 7 – 10 mm dan diameter 4 cm.<sup>9</sup> Diskus intervertebralis bersama dengan lamina, *pedicles*, dan prosesus artikular dari vertebra menciptakan ruang untuk syaraf keluar serta menghubungkan tulang-tulang vertebra.<sup>7,8</sup> Selain itu, struktur sendi ini terdiri dari tiga daerah anatomi yakni bagian tengah terdapat nukleus pulposus dengan kandungan air dan kolagen tipe II, anulus fibrosus dibagian perifer dengan kandungan kolagen tipe I dan II, serta dua *end plate* yang terdiri dari tulang kartilago hyaline dibagian superior dan inferior. *Compressive load* yang terjadi di

nukleus pulposus memungkinkan untuk meneruskan muatan beban dari vertebra ke vertebra dibawahnya karena terdapat kandungan air dan proteoglikan, sedangkan annulus fibrosus memiliki fungsi yaitu mengabsorpsi gaya beban radikal atau *tensile load* oleh tegangan pada serabutnya. Perubahan komposisi kolagen dalam diskus intervertebralis dapat berlangsung secara alami seiringan dengan proses penuaan yang disebut degenerasi diskus intervertebralis.<sup>8,9</sup>



Gambar 2. 1. Potongan segmen tulang vertebra yang terdiri dari dua *vertebral bodies* dan diskus intervertebralis yang berada diantara tulang.<sup>9</sup>

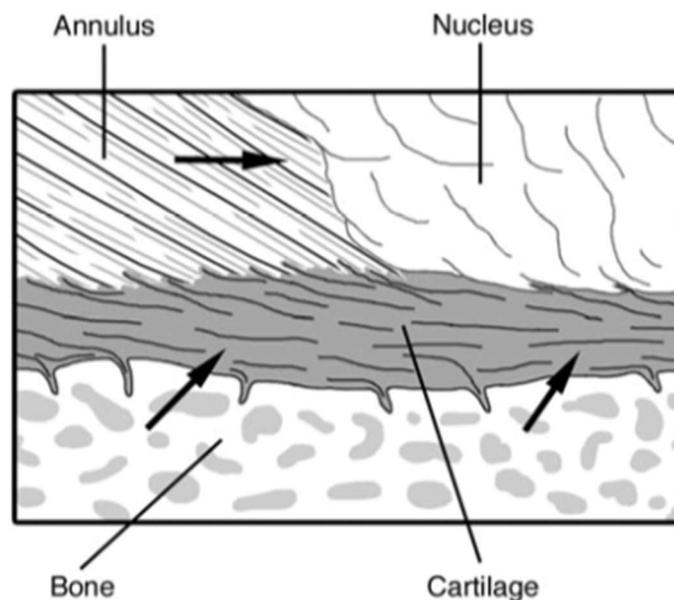


Gambar 2. 2. Potongan diskus. Ketebalan diskus intervertebralis 7 – 10 mm dan lebar 4 cm.<sup>9</sup>

Nukleus pulposus mengandung serat kolagen berupa *proteoglikan* sebanyak 50% dengan konsistensi lunak dibagian tengah yang tersusun secara acak dengan panjang hingga 150 mm yang tersusun secara radial.<sup>9</sup> *Proteoglikan* merupakan glikoprotein yang tersusun atas *glycosaminoglycan* (GAG), serta paling banyak mengandung *aggrecan* yang tertanam dalam gel. *Aggrecan* terbentuk dari rantai kondroitin-6 sulfat dan keratin sulfat yang terikat pada protein ini. Molekul *aggrecan* mempunyai kemampuan mengikat air yang kuat karena bersifat hidrofilik dan memiliki tekanan negatif. Pada dasarnya, sel nukleus pulposus memproduksi banyak proteoglikan dan *aggrecan*. Hal tersebut menyebabkan nukleus pulposus menarik air serta memiliki konsistensi kenyal yang berfungsi sebagai *shock adsorber* pada tulang vertebra.<sup>8</sup>

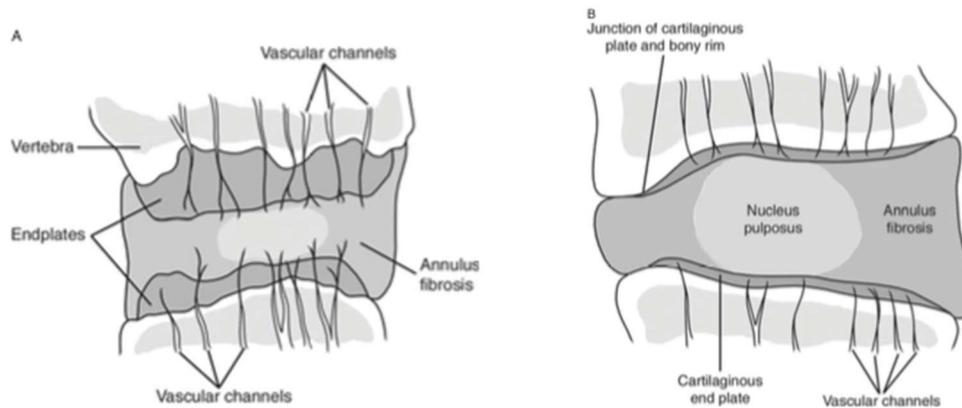
Annulus fibrosus merupakan lapisan luar dari diskus intervertebralis yang mengelilingi nukleus pulposus yang terdiri dari seri 15 – 25 cincin terkonsentris atau lamela dengan serat kolagen dominan tipe I, lalu disusul tipe II dan III yang terletak paralel didalam setiap lamela.<sup>8,9</sup> Serat diorientasikan kira-kira 60° terhadap sumbu vertikal lalu bergantian ke kiri dan kanan pada lamela yang berdekatan. Serat yang elastin terletak diantara lamela berfungsi untuk membantu diskus untuk kembali ke susunan semula setelah menekuk baik fleksi maupun ekstensi. Annulus

fibrosus juga dapat mengikat lamela secara bersama-sama karena letak serat elastin tersusun secara radial dari satu lamela ke lamela berikutnya.<sup>9</sup> Struktur annulus fibrosus yang mengandung *proteoglikan* sebesar 20% dan selnya memiliki morfologi fibroblastik dengan arah orientasinya sejajar dengan serat kolagen tipe I yang merupakan sel kondrosit dalam *cartilage-like matrix*. Lapisan annulus fibrosus terdiri dari 2 bagian yakni *outer lamella* dan *inner lamella*. Serat fibrous tebal arah vertikal yang menyatu dengan ligamen longitudinal anterior merupakan susunan dari *outer lamella*.<sup>8</sup> Selain itu, sel di *outer lamella* seperti fibroblas, memanjang, tipis, dan sejajar dengan serat kolagen.<sup>9</sup> Pada *inner lamella*, seratnya lebih halus dengan kurva konveks yang menyatuk dengan tulang rawan hyaline superior dan inferior.<sup>8</sup> Bentuk sel *inner lamella* lebih oval.<sup>9</sup>



Gambar 2. 3. *Cartilage endplate* mengandung tulang kartilago hyalin yang terikat pada tulang kortikal dari *vertebral body* dan serat kolagen dari annulus serta nukleus.

Daerah yang berbeda secara morfologis adalah *cartilage endplate* dengan lapisan horizontal tipis kurang dari 1 mm dari kartilago hyalin. Serat kolagen didalamnya tersusun secara horizontal dan sejajar dengan *body of vertebra* dengan serat yang berlanjut ke diskus. Kemunculan diskus intervertebralis pada usia muda dengan usia dewasa masing-masing terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 4. (A) Gambaran aksial diskus intervertebralis pada anak perempuan usia 10 bulan. Terlihat banyak saluran vaskular dan *end plate* dari tulang kartilago yang lebar melintasi annulus fibrosis dan nukleus pulposus. Diskus lebih seperti gel dan sangat terhidrasi. (B) Bagian aksia dari diskus intervertebralis pada orang dewasa usia 50 tahun. Kartilago *plate* tipis dan saluran vaskular yang lebih rendah melintasi annulus fibrosis dan nukleus pulposus yang kurang terhidrasi. <sup>9</sup>

Vaskularisasi pada diskus dewasa memiliki sedikit pembuluh darah tetapi memiliki beberapa saraf terutama terbatas pada *outer lamella* dan beberapa diantaranya berakhir di proprioseptor. Kartilago *end-plate* seperti tulang kartilago hyalin biasanya avaskular dan aneural pada orang dewasa yang sehat. Pembuluh darah terdapat pada ligamen longitudinal yang berdekatan dengan diskus dan *end-plate* kartilago muda.

### 2.1.2. Struktur Tulang

Ada 5 vertebra lumbalis diikuti oleh sacrum. Setiap vertebra lumbalis memiliki dua bagian yaitu *corpus* dan *neural arch*. *Corpus* vertebra terletak dianterior dan dimensinya berangsur-angsur meningkat dari *cephalad* ke *caudal*. *Neural arch* terletak diposterior *corpus* vertebra dan terdiri dari sepasang pedikel yang muncul dari permukaan postero-lateral bagian atas *corpus* vertebra yang bergabung dengan pasangan lamina yang terletak lebih jauh ke posterior. Jika dilihat dari superior, permukaan superior *corpus* vertebra lebih lebar melintang dan menyerupai bentuk ginjal. *Canalis spinalis* memiliki bentuk segitiga sehingga dapat dibedakan dari L5. Border lateral miring dari *canalis vertebra* disebut *lateral recesses* yang merupakan tulang dari akar nervus spinalis.<sup>10</sup>

Secara umum, lebar pedikel meningkat secara bertahap dari L1 ke L5 tetapi tinggi pedikel bervariasi antar individu. Panjang pedikel yang diukur antara korteks dorsal dan ventral vertebra rata-rata antara 40 – 50 mm. Inklinasi medial pedikel luminalis meningkat secara konsisten dari L1 ke L5. Titik proyeksi sumbu pedikel terletak digaris tengah atau *midline* prosesus transversal setinggi diatas L4. Pada L4, titik proyeksi dekat dengan *midline* prosesus transversal. Pada L5, titik ini terletak di bawah garis tengah prosesus transversus.<sup>10</sup>

Lamina lebih tebal dan berorientasi pada arah yang lebih vertikal pada bidang sagital dibandingkan dengan spina servikal dan toraks. Lamina dapat dibagi menjadi 2 bagian *cephalic* dan *caudal*. Bagian *cephalic* melengkung dan memiliki permukaan bagian dalam yang halus sedangkan bagian *caudal* memiliki permukaan bagian dalam yang kasar sebagai tempat perlekatan ligamentum flavum.<sup>10</sup>

### 2.1.3. Artikulasi dan Ligamen

*Lumbosacral junction* adalah titik belok untuk segmen lordotik vertebra lumbal ke sacrum *kyphotic*. Dengan *spondylolithesis isthmica*, *cephalad* dari *corpus vertebra* (pada L5) bergerak ke depan dan *caudal* sehingga memberikan defek *kyphotic* yang buruk seperti kifosis. Hal tersebut dapat diukur dengan sudut yang dibuat antara garis sepanjang aspek inferior L5 dan garis sepanjang batas superior S1. Ini juga disebut sebagai sudut slip atau (*slip angle*) dan dapat digunakan untuk mengukur perkembangan.<sup>5</sup>

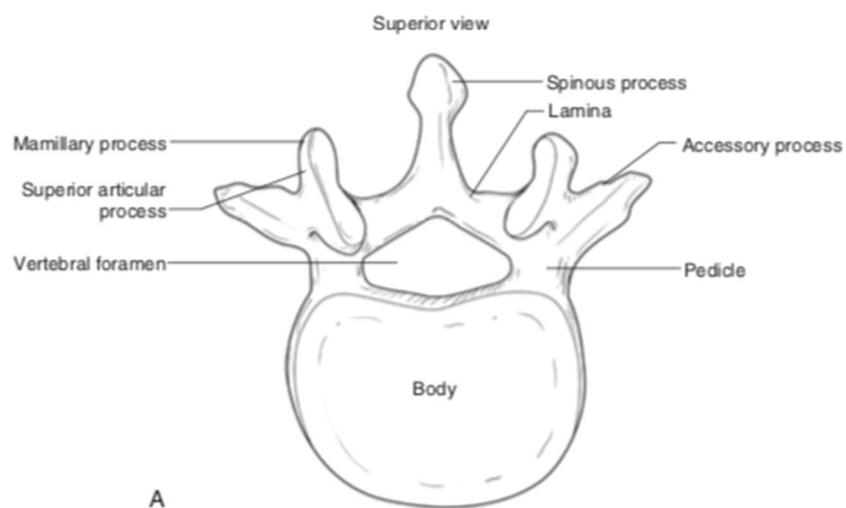
Artikulasi termasuk diskus intervertebralis di anterior dan sepasang sendi *facet* atau *zygapophyseal* di posterior yang diperkuat oleh ligamen. Diskus intervertebralis merupakan struktur avaskular terletak diantara *corpus* vertebra yang berdekatan dan memungkinkan gerakan fleksi, ekstensi, dan tekuk lateral. Hal tersebut terdiri dari nukleus pulposus yang terletak di pusat

Salah satu hubungan paling penting dalam vertebra manusia yang menetapkan parameter untuk keseimbangan sagital adalah lumbosacral-pelvis. Studi terbaru melaporkan bahwa keseimbangan bidang sagital dimediasi oleh faktor independen yaitu *sacral slope*, *pelvic tilt*, *pelvic incidence*, dan *lumbar lordosis*. *Sacral slope* adalah sudut antara batas atas S1 dan garis yang sejajar dengan cakrawala. *The pelvic tilt* merupakan sudut antara garis tegak lurus terhadap

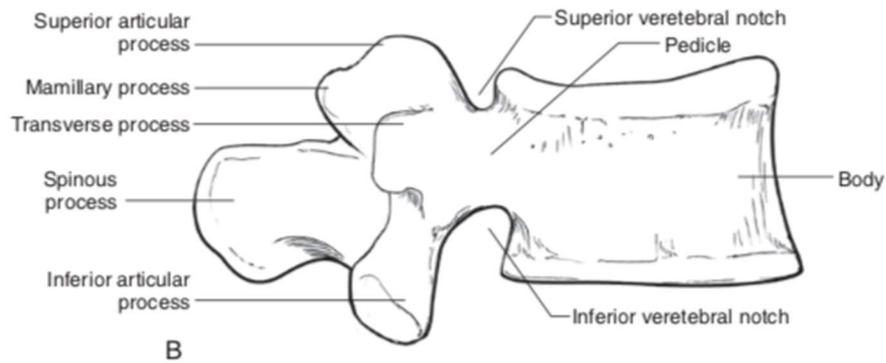
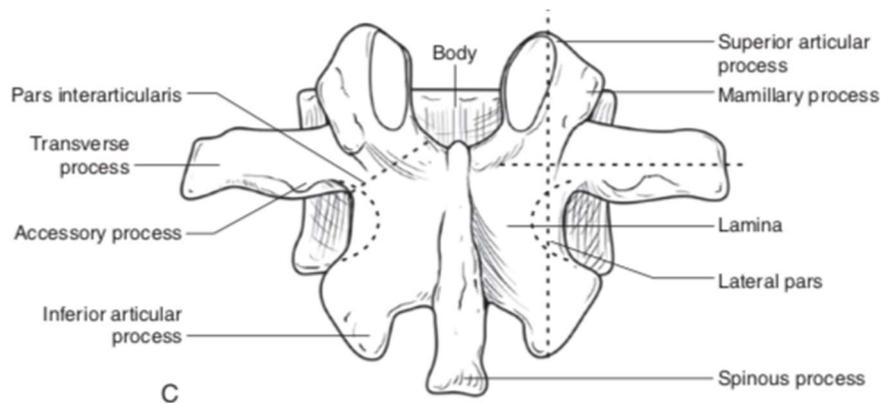
cakrawala dan garis yang menghubungkan bagian tengah *plate* ujung sakral superior.<sup>5</sup>

#### 2.1.4. Anatomi Anterior dan Instrumentasi

Corpus vertebra lumbalis berbentuk seperti ginjal dengan diameter anterior posterior lebih kecil dari diameter transversal. Bagian tersebut memiliki bentuk cekung atau konkaf di sisi posterior dan tinggi korpusnya pada sisi anterior lebih besar daripada korpus sisi posterior sehingga memberikan bentuk lordosis pada vertebra secara keseluruhan. Ukuran corpus vertebra mengalami peningkatan saat kita bergerak secara caudal di vertebra lumbalis karena konkavitas korpus vertebra secara melingkar terjadi pelebaran sedikit pada *end plate* daripada tengah corpus. Cincin *apophyses* dari *the end plate* pada sisi superior dan inferior memiliki ketinggian 2 – 3 mm disekelilingnya.<sup>5</sup>



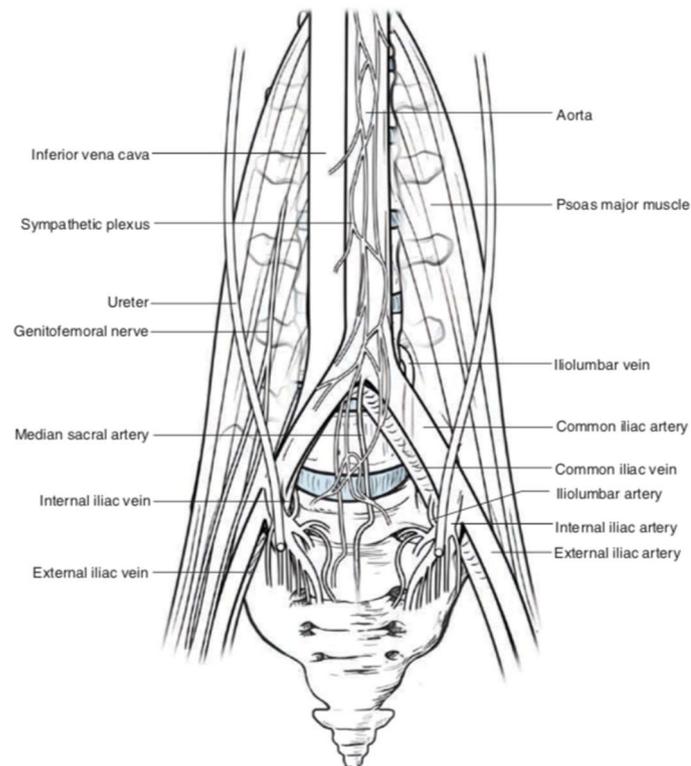
Gambar 2. 5. Gambaran superior.<sup>5</sup>

Gambar 2. 6. Gambaran lateral.<sup>5</sup>Gambar 2. 7. Gambaran posterior.<sup>5</sup>

Fiksasi anterior vertebra lumbal mirip dengan toraks. Pemasangan sekrup harus ditempatkan secara lateral dan diarahkan pada bidang koronal. Kesadaran anatomi vaskular dan viseral disekitar vertebra lumbal sangat penting untuk instrumentasi pada tingkat ini. Bifurkasi aorta ke dalam arteri *iliac* dan pertemuan vena *illiac* ke dalam vena cava inferior terjadi tepat di daerah *cephalad* ke ruang diskus L4-5. Ahli bedah harus menyadari perluasan medial dari vena *illiac* kiri selama pendekatan anterior ke vertebra lumbal karena tampak sebagai selubung tipis ketika dikompresi. Pembuluh darah besar harus dimobilisasi untuk instrumen vertebra lumbal.<sup>5</sup>

Ureter juga rentan karena dimobilisasi secara medial dengan visera. Cedera pada *presacral symphathetic plexus* dapat menyebabkan ejakulasi *retrograde*. *Plexus* terletak di anterior tulang *sacrum* dan vertebra lumbal bagian inferior.

Diseksi tumpul membuat daerah dari *midline* lateral dengan elektrokauter minimal dapat menurunkan kejadian ini. Kerusakan unilateral pada *plexus* dapat memberikan dampak peningkatan penampilan tonus parasimpatis basal pada pembuluh darah sisi operasi menjadi rata dan akan terasa lebih dingin ketika disentuh. Hal tersebut terkadang disalahartikan sebagai cedera vaskular atau trombotis vena pasca operasi.<sup>5</sup>

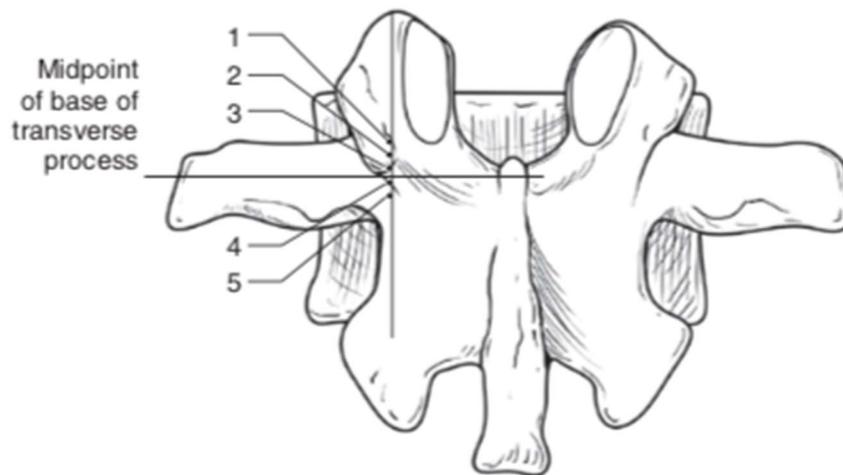


Gambar 2. 8. Anatomi anterior pada vertebra lumbal. (buku management surgical P:27)

### 2.1.5. Anatomi Posterior dan Instrumentasi

Pedikel lumbal cenderung pendek dan miring ke medial, diameter transversal pedikel berkisar antara 8 hingga 18 mm. Ketinggian pedikel lumbal rata-rata 15 mm. Sumbu pedikel lumbal diarahkan kira-kira 7 derajat ke medial dua L1 dan meningkat disetiap tingkat lumbal hingga kira-kira mencapai 18° di L5. Proyeksi pedikel lumbal dapat ditemukan dengan menggunakan petunjuk berikut. *Midline* dari prosesus transversal membagi bagian tengah pedikel. Sumbu pedikel menonjol 2 – 4 mm superior dari L1 sampai L3 dan berada di *midline* L4 lebih rendah dari *midline* L5 sebesar 1,5 mm. Garis sendi *zygapophyseal* memberikan aspek paling medial dari pedikel dan aspek lateral dari *facet* artikular superior

sehingga memberikan batas pada sisi lateral. Proyeksi posterior pedikel juga dapat ditentukan oleh pertemuan lamina, prosesus transversus, dan aspek inferior dari *facet superior*. Pedikel lumal rata-rata memiliki jarak 5 mm dari radiks superior yang berdekatan dengan selisih 1,5 mm dari radiks inferior yang berdekatan dan 1,5 mm dari tepi dural lateral.<sup>5</sup>



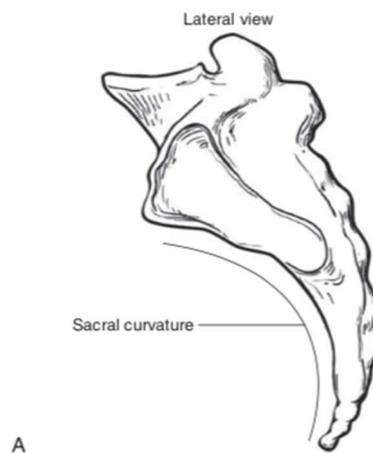
Gambar 2. 9. Gambaran vertebra lumal dengan proyeksi pedikel dan *landmark*.<sup>5</sup>

Ketebalan rata-rata lamina adalah 4 mm dengan peningkatan ketebalan ke arah inferior dan akan memungkinkan untuk *translaminar screws* sebesar 4,5 mm untuk fiksasi translaminar. Bahaya anatomis pada *translaminar screws* adalah pada *cauda equina* dibagian *laminar portion* dan akar saraf yang keluar dari foramenya. Seperti vertebra torakal, lamina lumbar dapat diinstrumentasi dengan *hook* atau *sublaminar wire* pada sisi supralaminar atau infralaminar. Ahli bedah harus menyadari insersi flavum ligamen dan memastikan perkembangan bidang antara ligamen dan lamina sebelum insersi *laminar hook*. Perawatan harus dilakukan dengan memasukkan *midline* pada *wire* sublaminar di median raphe dari flavum ligamentum.<sup>5</sup>

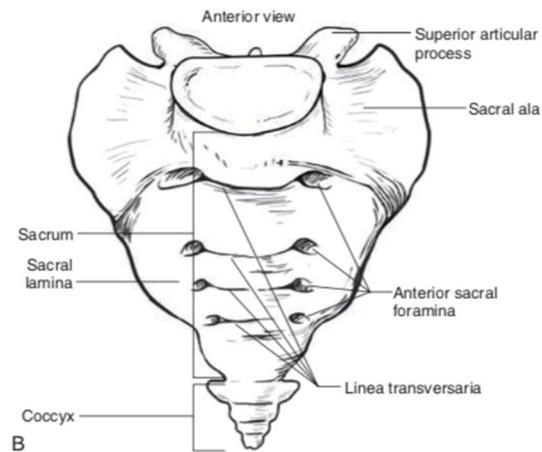
## 2.2. Tulang Sacrum

Tulang sacrum terdiri dari lima vertebra yang menyatu dalam kesejajaran *kyphotic*. Permukaan dorsal sacrum berbentuk cembung. Lamina sacral bersatu dibagian posterior ditengah dan membentuk kristal sacral median. Foramen sacral

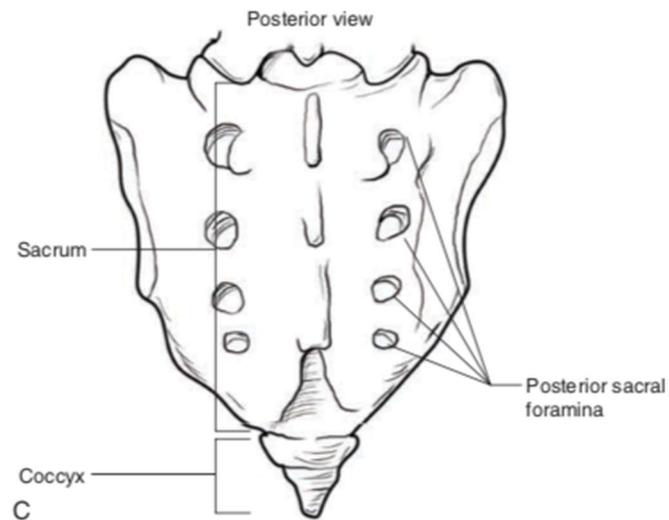
posterior terletak di lateral lamina sacral. Rami posterior keluar dari foramen sacral posterior ini bersama dengan pembuluh darah. Ada foramen sacral yang serupa di anterior. Setiap vertebra sacral dipisahkan dari vertebra yang berdekatan oleh garis melintang yang dikenal sebagai *linea transversaria anterior*. Aspek superior sacrum terbuat dari tubuh vertebra S1, *alae*, *posterior arch*, dan *facet superior S1*. *Alae sacral* sebenarnya adalah masa lateral yang mewakili perpaduan *vestigial costa elements*, dan prosesus transversal. Aspek superior *alae* setinggi *corpus S1* di posterior tetapi dianterior *alae*-nya lebih rendah dari *promontory* sebesar 11mm. *Promontory* adalah batas anterior aspek superior S1. Sudut antara tubuh anterior L5 dan S1 adalah  $140^{\circ}$ . Sudut ini mudah dipalpasi dan merupakan penanda yang berguna selama operasi anterior. Pedikel S1 berbentuk trapesium. Tulang tersebut terikat secara medial oleh kanalis vertebra, lateral oleh sendi SI, superior oleh *alae sacral*, dan inferior oleh foramen sakral pertama. Pedikel S1 adalah yang terluas di vertebra sekitar 20 mm dan tinggi 25 – 30 mm. Dimensi antero-posterior pedikel bisa hanya 12 mm.<sup>5</sup>



Gambar 2. 10. Gambaran lateral sakrum.

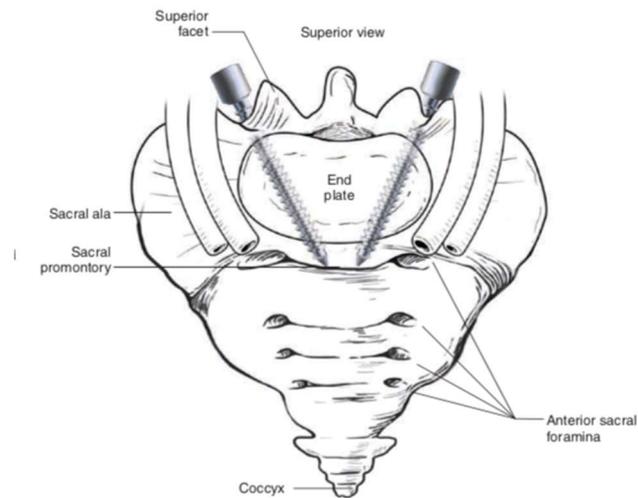


Gambar 2. 11. Gambaran anterior sakrum.<sup>5</sup>



Gambar 2. 12. Gambaran posterior sakrum.<sup>5</sup>

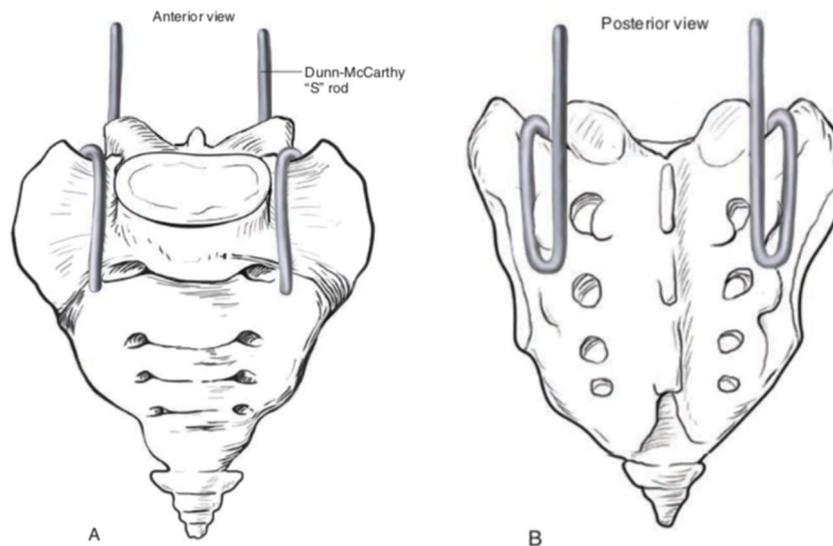
Fiksasi pedikel yang paling efektif dari Sacrum-1 (S1) berasal dari sekrup konvergen ke dalam korteks puncak tanjung sakral. Pilihan lain adalah sekrup alar atau *alar screw* yang harus diarahkan  $30^{\circ} - 45^{\circ}$  ke samping untuk menghindari cedera neurovaskular. Fiksasi ke korteks lebih jauh lagi secara signifikan dapat meningkatkan kekuatan penarikan. Basis sendi *facet* berfungsi sebagai titik awal untuk keduanya. Sekrup pedikel S2 berorientasi  $20^{\circ}$  ke arah lateral adalah posisi yang paling tepat. Implan khusus sudah dirancang untuk memanfaatkan kombinasi titik fiksasi diatas dengan *Chopin Block* dan *Tacoma Plate*.<sup>5</sup>



Gambar 2. 13. Gambaran melintang sakrum menunjukkan trajektori dari *screw* dan struktur neurovaskular panggul.<sup>5</sup>

Dalam melakukan operasi pada tingkat L5-S1, berbagai struktur saling berisiko. Struktur posterior memiliki risiko pada *cauda equina* ketika *angled screw* medial memasuki kanal. Di anterior, pembuluh darah *iliac* berisiko sobek ketika korteks anterior ditembus. Pada daerah prominen, “*safe zone*” atau zona aman telah diidentifikasi sehingga memungkinkan penempatan *biocortical sacral screw*. Zona aman merupakan daerah medial ke vena *iliac* sinistra serta arteri *iliac* dextra dengan lebar 50 mm dan tinggi 30 mm di daerah prominen. *Biocortical screw* yang dipasang di zona aman tidak akan melukai pembuluh darah tetapi dapat melukai batang lumbosakral.<sup>5</sup>

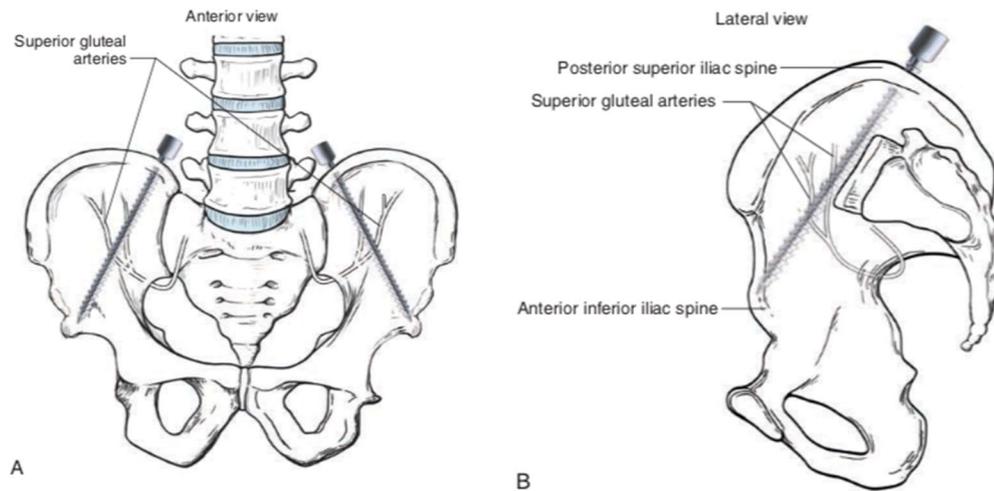
Batang atau *rod* dari *the Dunn-McCarthy “S”* yang tepat diatas ala sakral sangat bermanfaat untuk defisit tulang dari elemen posterior atau ilium seperti yang ditemukan pada mielodisplasia. *Rod* terpasang melewati belakang lalu ke alas ala dan menopang korteks anterior massa lateral. Kekuatan terbesar mereka adalah dalam menahan gaya fleksi tetapi kurang stabil terhadap rotasi.<sup>5</sup>



Gambar 2. 14. Gambaran (A) anterior dan (B) posterior pada *The Dunn-McCarthy "S" rod*.

Intrumentasi menggunakan *Jackson and McManus* menempatkan intrasakral dari *rod* yang dilekatkan pada *screw* S1. *Rod* ditempatkan ke dalam masa lateral sakral hingga tepat dibawah dan *screw* S1 dengan kondisi didaerah lateral dari foramen S1-2. Pada penempatan *Jackson and McManus* tidak boleh ada margin karena jarak rata-rata antara korteks lateral foramen S1 dan sendi *sacroilia* adalah 28 mm.<sup>5</sup>

Fiksasi *iliac* adalah *anchor* paling kuat ke tingkat *lumbopelvic*. Hal ini dapat dilakukan dengan *rod Galveston* atau *an ilian post* atau *screw*. Titik awalnya adalah posterosuperior *iliac spine* dan alat diarahkan ke vertebra *iliac* anteroinferior dalam jarak 2 cm dari *sciatic notch* besar. Irisan yang dibuat oleh *inner* dan *outer table* dari *sciatic* besar memberikan hasil yang lebih baik untuk penempatan *screw*. Penetrasi *sciatic notch* besar berisiko menimbulkan cedera pada arteri *gluteal superior*.<sup>5</sup>



Gambar 2. 15. Gambaran (A) anterior dan (B) lateral dari pelvis dengan *iliac screw*.<sup>5</sup>

### 2.3. Nyeri Pinggang Bawah (*Low Back Pain*)

### 2.4. Kelainan Degeneratif Tulang Lumbal

Perubahan struktur dan fungsi yang terjadi akibat proses penuaan pada masing-masing individu dapat memberikan dampak terjadinya proses degenerasi yang terjadi pada diskus intervertebralis dan degenerasi yang mengenai sendi *facet* yang disebut Degenerasi Sendi *facet*. Kelainan ini disebabkan oleh penurunan fungsi mekanis dan komponen kimiawi yang dapat disebabkan oleh penuaan, trauma, jenis pekerjaan, merokok, maupun hormonal.

Tulang vertebra sisi anterior bersifat statis sedangkan posterior lebih dinamis karena terdiri dari 2 arkus vertebral, 2 prosesus transversus, 1 prosesus spinosus, dan 2 buah sendi *facet*. Anatomi tersebut berfungsi untuk melindungi elemen neural dan berperan sebagai titik tumpu atau fulkrum dan mengarahkan pergerakan dari suatu unit fungsional. Bagian posterior akan membagi beban kompresif dan memengaruhi pola pergerakan tulang vertebra. Pada saat beban berlebihan, tulang akan terpicu terjadinya proses degenerasi pada daerah yang mengalami kerusakan diskus akibat degenerasi lalu tekanan tidak lagi diteruskan secara merata pada *end plate* dan sisi posterior sendi *facet*. Hal tersebut akan memberi efek terjadinya *bone loss* dan area anterior akan melemah dikarenakan menyesuaikan massa serta arsitekturnya sebagai respon terhadap besarnya arah gaya

yang diterima. Pada sisi anterior cenderung lebih fleksibel dikarenakan memiliki peran untuk membawa beban dan mengabsorpsi getaran.<sup>8</sup>

## **2.5. Lumbosacral Instability pada Pasien *Lowback Pain***

*Lumbosacral instability* adalah patologi tulang belakang di mana ada mobilitas abnormal atau sendi abnormal antara dua atau lebih vertebra yang berdekatan. Ketika pasien menderita ketidakstabilan lumbal, ada gerakan berlebihan antara tulang belakang dan, secara progresif, degenerasi sendi intervertebralis dan dapat mempengaruhi struktur sistem saraf yang melewatinya.<sup>11</sup> Dalam ketidakstabilan lumbal, kami membedakan ketidakstabilan fungsional (klinis) dan ketidakstabilan struktural (radiografik).

- a. Ketidakstabilan fungsional, yang dapat menyebabkan nyeri meskipun tidak ada anomali radiologis, dapat didefinisikan sebagai hilangnya kemampuan neuromotorik untuk mengontrol gerakan segmental selama rentang menengah.
- b. Ketidakstabilan struktural atau mekanis dapat didefinisikan sebagai gangguan stabilisator pasif, yang membatasi rentang gerak akhir segmental (ROM) yang berlebihan.
- c. Ada juga kemungkinan untuk memiliki ketidakstabilan gabungan.<sup>12</sup>

Modifikasi morfologi tulang belakang yang konstan mengubah beban biomekanik dari otot punggung, ligamen, dan sendi, dan dapat mengakibatkan cedera punggung. Massa tubuh, tulang asimetri, dan tingkat pengalaman mempengaruhi skala dan variabilitas beban tulang belakang selama upaya mengangkat berulang. Pada orang tua, aktivitas membungkuk dan mengangkat menghasilkan beban pada tulang belakang yang melebihi kegagalan tulang belakang dengan kepadatan mineral tulang yang rendah, yang terkait dengan degenerasi tulang belakang. Transformasi degeneratif memiliki pengaruh pada diskus intervertebralis, ligamen dan tulang.<sup>12</sup>

### 2.5.1. Gambaran Klinis *Lumbosacral Instability*

Pasien dengan ketidakstabilan lumbal adalah pasien umum dengan nyeri punggung bawah kronis berulang, nyeri mengganggu konstan yang secara bertahap meningkat. Rasa sakit ini juga bisa menjadi sisa dari keluhan akut.<sup>9</sup> Masih ada kontroversi tentang arti yang tepat dari istilah *lumbosacral instability*. Karakteristik berikut dapat menunjukkan *lumbosacral instability*

- a. Perasaan tidak stabil pada waktu berjalan
- b. Halangan yang dapat diamati secara visual atau teraba pada segmen yang bergerak di tulang belakang lumbar, sebagian besar selama perubahan posisi.
- c. Pergeseran segmental atau engsel yang terkait dengan gerakan yang menyakitkan.
- d. Gerakan atau lompatan vertebra disertai dengan nyeri pada batang aktif fleksi atau defleksi.
- e. Peningkatan mobilitas pada segmen gerakan yang bersangkutan, sebagian besar pada fleksi dan ekstensi lumbal segmental pasif.
- f. Gerakan intervertebralis yang berlebihan pada tingkat gejala atau peningkatan gerakan intersegmental pada tingkat di atas segmen gerakan yang bersangkutan.
- g. Sakit lokal.
- h. Nyeri punggung bawah selama beban statis dan defleksi yang lama.
- i. Nyeri saat mengubah posisi dan saat membungkuk atau mengangkat.
- j. Sensasi gerakan abnormal pada gerakan postero-anterior vertebra.
- k. Penurunan akurasi reposisi.
- l. Penurunan kontrol postur.
- m. Penurunan aktivasi otot penstabil.
- n. Gangguan pola rekrutmen dan ko-kontraksi otot batang besar (sistem otot global) dan otot intrinsik kecil (sistem otot lokal). Ini mempengaruhi waktu pola kontraksi, keseimbangan, dan refleks.
- o. Nyeri dan pengamatan disfungsi gerakan dalam zona netral.
- p. Nyeri yang menyakitkan pada lengkung tulang belakang

- q. *Gowers sign*: ketidakmampuan untuk kembali tegak berdiri dari membungkuk ke depan tanpa menggunakan tangan untuk membantu gerakan ini.
- r. Sering retak atau pop bagian belakang untuk mengurangi gejala, manipulasi diri.<sup>13</sup>

### 2.5.2. Pemeriksaan Fisik

Pemeriksaan fisik terdiri dari beberapa evaluasi :

#### 1. *Low midline sill sign*

Pertama ada pemeriksaan garis tengah punggung bawah pasien untuk mendeteksi tanda garis tengah bawah. Jika lordosis lumbal meningkat dan ada ambang seperti huruf kapital "L" di garis tengah, tes dianggap positif. Selanjutnya pemeriksa meraba ruang interspinous dan mengevaluasi posisi prosesus spinosus atas dalam hubungannya dengan prosesus spinosus bawah. Jika prosesus spinosus atas dipindahkan ke anterior ke prosesus spinosus bawah, tesnya positif.<sup>14</sup>

#### 2. *Interpinous gap change during lumbar flexion – extension motion*

Tes ini digunakan untuk mendeteksi ketidakstabilan lumbal. Pertama ada pemeriksaan punggung bawah untuk mendeteksi perubahan celah interspinosa. Pasien berdiri selebar bahu, fleksikan punggungnya dan letakkan kedua tangan di atas meja pemeriksaan. Setelah pemeriksaan punggung bawah dalam fleksi, palpasi dan evaluasi fisioterapis lebar jarak interspinosa individu dan posisi prosesus spinosus atas dalam kaitannya dengan yang lebih rendah. Setelah ini, fisioterapis akan meminta pasien untuk memperpanjang (melubangi) punggung bawah sambil mengevaluasi perubahan celah interspinosa selama gerakan ini.<sup>13</sup>

#### 3. *Sit to stand test*

Tesnya positif (ada hubungan dengan ketidakstabilan) jika orang tersebut segera merasakan sakit ketika duduk di kursi dan jika rasa sakit itu (sebagian) berkurang dengan berdiri. Hasil tes mungkin berbeda (waktu

dalam sehari, jenis tempat duduk, tingkat gejala pasien sebelum tes). Sensitivitas: 30, spesifisitas: 100, LR+: tidak dapat dihitung dan LR-: 0,7.

#### 4. *Passive lumbar extension test*

Pasien dalam posisi tengkurap. Terapis mengangkat kedua ekstremitas bawah ditinggikan (pasif) hingga ketinggian sekitar 30cm. Lutut tetap lurus sambil menarik kaki dengan lembut. Pemeriksa memfiksasi T12 ventrocaudal. Tes ini juga dapat dilakukan pada posisi lateral pasien dengan kaki ditekuk. Tes ini positif jika memicu keluhan serupa.<sup>15</sup>

#### 5. *Instability catch sign/ active flexion test*

Pasien menekuk tubuhnya ke depan sebanyak mungkin dan kemudian kembali ke posisi netral. Tes ini positif ketika pasien tidak dapat kembali ke posisi netral. Tes ini adalah tes provokasi.

#### 6. *Painful catch sign*

Pasien dalam posisi terlentang kemudian pemeriksa meminta pasien untuk mengangkat kedua ekstremitas bawah. Lutut harus diluruskan. Kemudian pemeriksa meminta pasien untuk kembali perlahan ke posisi awal. Jika ekstremitas bawah jatuh seketika karena nyeri punggung bawah, tesnya positif.

#### 7. *Apprehencion sign*

Pemeriksa bertanya kepada pasien apakah ia merasakan sensasi kolaps lumbal karena nyeri punggung bawah saat melakukan tindakan biasa seperti membungkuk ke belakang dan ke depan, membungkuk dari sisi ke sisi, duduk atau berdiri. Tes positif jika pasien memiliki sensasi kolaps lumbal. Kondisi ini memiliki presentasi klinis yang unik yang menampilkan gejala dan disfungsi gerakan dalam zona netral dari segmen gerak. Melonggarnya segmen gerak akibat cedera dan disfungsi terkait dari sistem otot lokal membuatnya rentan secara biomekanik di zona netral. Diagnosis klinis kondisi nyeri punggung bawah kronis ini didasarkan pada laporan nyeri dan

pengamatan disfungsi gerakan dalam zona netral dan temuan terkait gerakan intervertebralis yang berlebihan pada tingkat gejala. Empat pola klinis yang berbeda dijelaskan berdasarkan sifat arah cedera dan manifestasi gejala pasien dan disfungsi motorik. Intervensi latihan stabilisasi khusus berdasarkan model pembelajaran motorik diusulkan dan bukti kemanjuran pendekatan yang diberikan.

### **2.5.3. Analisis Radiografi**

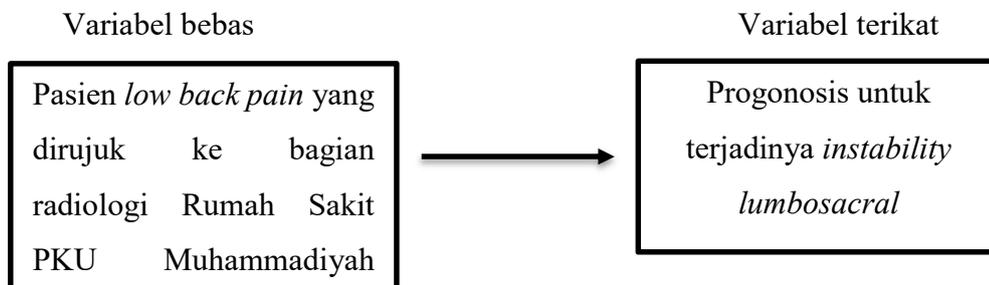
Radiografi photospot ekstensi fleksi dibaca dan sudut kuantitatif dan pengukuran geser dilakukan pada permukaan penampil spotfilm pada perbesaran 3,5. Empat jenis temuan ketidakstabilan segmental direkam dari film ekstensi fleksi:

1. Ringkasan gerakan translasi satu vertebra pada yang lain, terutama perpindahan anterior (ketidakstabilan geser anterior);
2. Ringkasan gerakan translasi satu vertebra pada yang lain, terutama perpindahan posterior (ketidakstabilan geser posterior);
3. Gerakan sudut yang berlebihan dari segmen gerak (ketidakstabilan sudut);
4. Rotasi aksial abnormal di mana margin belakang tubuh vertebral memiliki kontur ganda lokal selama membungkuk, tidak termasuk daerah thoracolumbar, dimana fenomena ini dapat terjadi sebagai akibat dari proyeksi. Kontur ganda yang konstan dari seluruh tulang belakang lumbar adalah konsekuensi dari proyeksi pencitraan miring.<sup>16</sup>

Lumbar lordotic angle,

**BAB 3**  
**KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN**

**3.1. Kerangka Konsep**



Gambar 3. 1. Skema Kerangka Konsep

Variabel yang terdapat dalam penelitian ini adalah, sebagai berikut :

- Variabel bebas : Pasien *lowback pain* yang dirujuk ke bagian radiologi Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Bantul pada tahun 2020-2021
- Variabel terikat : Prognosis terjadinya *instability lumbosacral*

**3.2. Hipotesis Penelitian**

## **BAB 4**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1. Rancangan Penelitian**

Jenis penelitian menggunakan jenis deskriptif bertujuan untuk melihat prognosis untuk terjadinya *Instability Lumbosacral* pada pasien *low back pain* yang dirujuk ke bagian radiologi Rumah Sakit Muhammadiyah Bantul dari Juli 2020-2021 dengan pengukuran *lumbosacral angle* dan *Lumbar Lordotik Angle*.

#### **4.2. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan di Yogyakarta pada bulan November hingga Desember.

#### **4.3. Penentuan Sumber Data**

##### **4.3.1. Sampel Penelitian**

Foto radiografi polos posisi AP dan lateral diperoleh dari bagian radiologi Rumah Sakit Muhammadiyah Bantul dari Juli 2020 – 2021.

##### **4.3.2. Kriteria Inklusi**

Semua pasien yang datang dengan gejala klinis *low back pain* yang datang ke bagian radiologi RSUD Muhammadiyah Bantul dengan *lumbosacral angle*

##### **4.3.3. Kriteria Eksklusi**

Pasien *low back pain* dengan *lumbosacral angle* dan *lumbar lordotik angle* normal

##### **4.3.4. Besar Sampel**

Sampel yang digunakan adalah foto radiograf di Rumah Sakit Muhammadiyah Bantul dari Juli 2020 – 2021 sebanyak 200 buah.

#### **4.4. Variabel Penelitian**

##### **4.4.1. Klasifikasi Variabel**

Variabel yang terdapat dalam penelitian ini adalah, sebagai berikut :

- Variabel bebas : Pasien *low back pain* yang dirujuk ke bagian

radiologi Rumah Sakit PKU Muhammadiyah  
Bantul

- Variabel terikat : Prognosis terjadinya *lumbosacral instability*

#### **4.4.2. Definisi Operasional**

#### **4.5. Bahan dan Instrumen Penelitian**

##### **4.5.1. Bahan Penelitian**

Bahan:

1. Masker
2. Handscoon
3. Pena
4. Kertas

##### **4.5.2. Instrumen Penelitian**

Instrumen :

1. Laptop

#### **4.6. Prosedur dan Tahap Penelitin**

1. Pengambilan data di ruangan radiologi RSUD Muhammadiyah Bantul
2. Pengelompokkan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi
3. Pengolahan data
4. Hasil dan pembahasan data

#### **4.7. Analisis Data**

Analisis data dilakukan dengan menggunakan *Statistical Package for the Social Science* (SPSS). Data penelitian dianalisis dengan uji *One Way Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui bagaimana

## DAFTAR PUSTAKA

1. Caglayan M, Tacar O. Effect of lumbosacral angles on development of low back pain. *Jour of musculo pain*. 2014; 22(3): 251 – 255.
2. Cahya IPI, Asmara AAGY. Prevalensi nyeri tulang punggung bawa pada tahun 2014-2015 di RSUP Sanglah Denpasar. *Jurn Med Udayana*. 2020; 9(6): 35 – 39.
3. Arma M, Septadina IS, Legiran. Factors affecting low back pain (LBP) among public transportation drivers. *Maj Kedok Sriwijaya*. 2019; 51(4): 206 – 215.
4. Allegri M, Montella S, Salici F. Mechanisms of low back pain: a guide for diagnosis and therapy. *F100Research*. 2016; 5: 1 – 11.
5. Errico TJ, Lonner BS. *Surgical management of spinal deformities*. Philadelphia. Saunders Elsevier.
6. Okpala FO. Measurement of lumbosacral angle in normal radiographs: a retrospective study in noutheast Nigeria. *Med and Health Sci Research*. 2014; 4(5): 757 – 762.
7. Waxenbaum JA. Anatomy, back, lumbar vertebrae. *Startpearls*. 2020; 8 (10):
8. Suyasa KI. 2018. Penyakit degenerasi lumbal diagnosis dan tata laksana. Denpasar. Udayana Press.
9. Raj PP. Intervertebral disc: anatomy-physiology-pathophysiology-treatment. *Interverbral disc*. 2017;8(1): 18 – 44.
10. Ebraheim NA. Functional anatomy of the lumbar spine. *Sem in pain med*. 2014; 131 – 137.
11. Beazell J. R. Lumbar instability: an evolving and challenging concept. *J Man Manip Ther*. 2010; 18(1): 9-14.
12. Biely SA, Smith SS, Silfies SP. Clinical instability of the lumbar spine: diagnosis and intervention. *Orthpaedic Phisical Terapy Practice*. 2006: 18(4) 11 – 19.
13. Panjabi MM. The Stabilizing system of the spine part II neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Dis*. 1992; 2(4): 390 – 397.
14. Barza T, Melloh M. A conceptual model of compensation/ decompression

- in lumbar segmental instability. *Med hypo*. 2014; 83(3): 312 – 316.
15. Leone A. Lumbar intervertebral instability: a review radiology. 2007; 245(1): 1 – 7.
  16. Pitkanen MT. Segmental lumbar spine instability at flexion- extension radiography can be predicted by conventional radiography. 2002; 57: 632 – 639.