

KARYA AKHIR

**HUBUNGAN ANTARA PARAMETER GEOMETRIK SAGITAL
LUMBOSAKRAL DENGAN KEJADIAN HERNIA NUKLEUS
PULPOSUS PADA PASIEN YANG DILAKUKAN
PEMERIKSAAN MRI LUMBOSAKRAL**

**THE RELATIONSHIP BETWEEN LUMBOSACRAL SAGITTAL
GEOMETRIC PARAMETER AND HERNIATED NUCLEUS
PULPOSUS INCIDENT IN PATIENTS UNDERGOING
LUMBOSACRAL MRI EXAMINATION**

MARTIN LUTHER SIMANJUNTAK



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (SP-1)
PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

**HUBUNGAN ANTARA PARAMETER GEOMETRIK SAGITAL
LUMBOSAKRAL DENGAN KEJADIAN HERNIA NUKLEUS
PULPOSUS PADA PASIEN YANG DILAKUKAN
PEMERIKSAAN MRI LUMBOSAKRAL**

Karya Akhir

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Dokter Spesialis-1

Program Studi Ilmu Radiologi

Disusun dan Diajukan Oleh

Martin Luther Simanjuntak

Kepada

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1 (SP-1)
PROGRAM STUDI ILMU RADIOLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

KARYA AKHIR

**HUBUNGAN ANTARA PARAMETER GEOMETRIK SAGITAL
LUMBOSAKRAL DENGAN KEJADIAN HERNIA NUKLEUS
PULPOSUS PADA PASIEN YANG DILAKUKAN
PEMERIKSAAN MRI LUMBOSAKRAL**

Disusun dan diajukan oleh :

MARTIN LUTHER SIMANJUNTAK

Nomor Pokok : C112216104

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Karya Akhir
pada tanggal 8 September 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui :
Komisi Penasihat,


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


Prof. Dr. dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad(K)
Pembimbing Anggota

Manajer Program Pendidikan Dokter Spesialis
a.n. Dekan, Fakultas Kedokteran Unhas

Wakil Dekan Bid. Akademik,
Riset dan Inovasi


dr. Ueng Bahrun, Sp.PK(K),Ph.D
NIP. 19680518 199802 2 001


Dr. dr. Irfan Idris, M.Kes
NIP. 19671103 199802 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Martin Luther Simanjuntak
NIM : C112216104
Program Studi : Ilmu Radiologi
Jenjang : S2/PPDS-I

Menyatakan dengan ini bahwa Tesis dengan judul Hubungan antara Parameter Geometrik Sagital Lumbosakral dengan Kejadian Hernia Nukleus Pulposus pada Pasien yang Dilakukan Pemeriksaan MRI Lumbosakral adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila di kemudian hari Tesis karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, Januari 2021

Yang menyatakan,



Martin Luther Simanjuntak

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas Kasih Karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan karya akhir ini yang berjudul **“Hubungan antara parameter geometrik sagital lumbosakral dengan kejadian hernia nukleus pulposus pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral”**. Karya akhir ini disusun sebagai tugas akhir dalam Program Studi Dokter Spesialis-1 (Sp-1) Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

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

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

1. Prof. Dr. dr. Muhammad Ilyas, Sp.Rad (K) selaku Ketua Komisi Penasehat
2. Prof. Dr. dr. Bachtiar Murtala Sp.Rad (K) selaku Sekretaris Komisi Penasehat
3. Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, M.KM selaku Anggota Komisi Penasehat
4. dr. Cahyono Kaelan, PhD, Sp.PA (K), Sp.S selaku Anggota Komisi Penasehat

5. dr. Junus Baan, 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 FK UNHAS ini.

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

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Ketua TKP-PPDS FK UNHAS, Ketua Konsentrasi PPDS Terpadu FK UNHAS dan Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengikuti Program Pendidikan Dokter Spesialis Terpadu di Bagian Radiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Makasar.
2. Prof. Dr. dr. Bachtiar Murtala, Sp.Rad (K) selaku Kepala Bagian Departemen Radiologi Universitas Hasanuddin, dr. Sri Asriyani, Sp.Rad (K), M.Med.Ed selaku Ketua Program Studi Ilmu Radiologi Universitas Hasanuddin, dr. Eny Sanre, M.Kes, Sp.Rad selaku Kepala Instalasi Radiologi RS. Dr. Wahidin Sudirohusodo, Dr. dr. Mirna Muis, Sp.Rad (K) selaku Kepala Instalasi RSPTN Universitas Hasanuddin, dr. Nurlaily Idris, Sp.Rad (K), dr. Luthfy Attamimi,

Sp.Rad, dr. Nikmatia Latief, Sp.Rad (K), dr. Hasanuddin, Sp.Rad (K) Onk, dr. Dario Nelwan, Sp.Rad, dr. Rafika Rauf, Sp.Rad, dr. Isqandar Mas'oud, Sp.Rad, dr. Sri Muliati, Sp.Rad, Dr. dr. Shofiyah Latief, Sp.Rad, dr. Erlin Sjahril, Sp.Rad (K), dr. Suciati Damopolii, Sp.Rad (K), M.Kes, dr. St. Nasrah Aziz, Sp.Rad, dr. Achmad Dara, Sp.Rad, dr. Isdiana Kaelan, Sp.Rad, dr. Amir, Sp.Rad, dr. M. Abduh, Sp.Rad, dr. Taufiqulhidayat, Sp.Rad, serta seluruh pembimbing dan dosen luar biasa dalam lingkup Bagian Radiologi FK-UNHAS atas arahan dan bimbingan selama saya menjalani pendidikan.

3. Direksi beserta seluruh staf RS dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas kesempatan yang diberikan kepada kami untuk menjalani pendidikan di rumah sakit ini.
4. Para staf Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, staf Administrasi Bagian Radiologi FK UNHAS, dan Radiografer Bagian Radiologi RS dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar dan RSPTN Universitas Hasanuddin Makassar atas bantuan dan kerjasamanya.
5. Teman terbaik angkatan Juli 2016 serta seluruh teman PPDS Radiologi lainnya yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan dukungan kepada saya selama masa pendidikan dan penyelesaian karya akhir ini.
6. Istri saya dr. Tyrsa C. N. Monintja, M.Kes, anak-anak saya Nadia O. Simanjuntak, Marsaulina T. Simanjuntak dan Maruli T. Simanjuntak,

kedua orang tua saya Ayah Posma Simanjuntak dan Ibu Geertje Awuy, orang tua istri saya Meiske Tjioe, kakak saya Christine Simanjuntak, adik-adik saya Siska Simanjuntak dan Sinta Simanjuntak beserta Keluarga Besar, yang sangat saya cintai dan hormati yang dengan tulus dan penuh kasih sayang senantiasa memberikan dukungan, bantuan dan selalu mendoakan saya.

7. Kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan dukungan, bantuan dan doanya. Saya ucapkan banyak terima kasih.

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

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

Makassar, November 2020

Martin Luther Simanjuntak

ABSTRAK

MARTIN LUTHER SIMANJUNTAK. *Hubungan antara Parameter Geometrik Sagital Lumbosakral dengan Kejadian Hernia Nukleus Pulposus pada Pasien yang Dilakukan Pemeriksaan MRI Lumbosakral (dibimbing oleh Muhammad Ilyas dan Bachtiar Murtala).*

Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara parameter geometrik sagital lumbosakral dengan kejadian hernia nukleus pulposus pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.

Penelitian ini dilaksanakan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Dokter Wahidin Sudirohusodo Makassar mulai bulan Februari sampai dengan bulan April 2020. Jumlah sampel sebanyak 65 pasien. Metode yang digunakan adalah Uji korelasi Spearman dan Chi Square.

Hasil penelitian menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara sudut *global lumbosacral* ($p=0,020$, $r=-0,287$), sudut *sacral table* ($p=0,018$, $r=0,292$), *lumbar sagittal balance axis* ($p=0,011$, $r=0,313$), umur ($p=0,004$, $r=0,354$) dengan kejadian hernia nukleus pulposus. Semakin kecil sudut *global lumbosacral* maka semakin tinggi derajat hernia nukleus pulposus. Semakin besar sudut *sacral table* dan *lumbar sagittal balance axis* maka semakin tinggi derajat hernia nukleus pulposus. Semakin bertambah umur (tua) maka semakin tinggi derajat hernia nukleus pulposus. Tidak ada hubungan yang bermakna antara sudut *sacral kyphosis* ($p=0,127$), jenis kelamin ($p=0,717$), indeks massa tubuh ($p=0,220$) dengan kejadian hernia nukleus pulposus. Namun, terlihat kecenderungan bahwa semakin kecil sudut *sacral kyphosis* maka semakin tinggi derajat hernia nukleus pulposus. Terlihat juga kecenderungan bahwa semakin besar indeks massa tubuh maka semakin tinggi derajat hernia nukleus pulposus.

Kata Kunci: Sudut *Global Lumbosacral*, Sudut *Sacral Table*, Sudut *Sacral Kyphosis*, *Lumbar Sagittal Balance Axis*, Umur, Jenis Kelamin, Indeks Massa Tubuh, Hernia Nukleus Pulposus



ABSTRACT

MARTIN LUTHER SIMANJUNTAK. *The Relationship between Lumbosacral Sagittal Geometric Parameter and Herniated Nucleus Pulposus Incident in Patients Undergoing Lumbosacral MRI Examination (supervised by Muhammad Ilyas and Bachtiar Murtala).*

The research aimed at analyzing the relationship between the lumbosacral sagittal geometric parameter and the herniated nucleus pulposus incident in the patients undergoing the lumbosacral MRI examination.

The research was conducted in the Radiological Installation of Doctor Wahidin Sudirohusodo Hospital, Makassar from February to April 2020. Samples were as many as 65 patients. The data were analyzed using Spearman's correlation and Chi-square tests.

The research result indicates that there is the significant relationship between the *global lumbosacral angle* ($p=0.020$, $r=0.287$), *sacral table angle* ($p=0.018$, $r=0.292$), *lumbar sagittal balance axis* ($p=0.011$, $r=0.313$), *age* ($p=0.004$, $r=0.354$) and the herniated nucleus pulposus incident. The smaller the *global lumbosacral angle*, the higher the herniated nucleus pulposus degree. The greater the *sacral table angle* and *lumbar sagittal balance axis*, the higher the herniated nucleus pulposus degree. The greater the age (old), the higher the herniated nucleus pulposus degree. There is no significant relationship between the *sacral kyphosis angle* ($p=0.127$), *sex* ($p=0.717$), *body mass index* ($p=0.220$) and the herniated nucleus pulposus incident. However, there is the tendency that the smaller the *sacral kyphosis angle*, the higher the herniated nucleus pulposus degree. There is also the tendency that the greater the body mass index, the higher the herniated nucleus pulposus degree.

Key words: *Global lumbosacral angle, sacral table angle, sacral kyphosis angle, lumbar sagittal balance axis, age, sex, body mass index, herniated nucleus pulposus*



DAFTAR ISI

SAMPUL DEPAN	i
KARYA AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
1. Tujuan umum	6
2. Tujuan khusus	6
D. Hipotesis penelitian	8
E. Manfaat penelitian	9

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
A. Hernia Nukleus Pulposus (HNP)	11
1. Definisi	11
2. Epidemiologi	12
3. Etiologi dan Patofisiologi	13
4. Anatomi Vertebra Lumbal	16
5. Klasifikasi	25
6. Gejala Klinis	28
7. Penatalaksanaan	29
8. Prognosis	32
9. Tinjauan Pemeriksaan Radiologi	32
10. Faktor-faktor Risiko	35
B. Parameter Geometrik Sagital Lumbosakral	38
1. Sudut <i>Global Lumbosacral</i>	39
2. Sudut <i>Sacral Table</i>	40
3. Sudut <i>Sacral Khyposis</i>	41
4. <i>Lumbar sagittal balance axis</i>	42
BAB III KERANGKA PENELITIAN	46
A. Kerangka Teori	46
B. Kerangka Konsep	47
BAB IV METODE PENELITIAN	48
A. Desain Penelitian	48
B. Tempat dan Waktu Penelitian	48

C. Populasi Penelitian	48
D. Sampel dan Cara Pengambilan Sampel	48
E. Perkiraan Besar Sampel	49
F. Kriteria Inklusi dan Eksklusi	50
1. Kriteria Inklusi	50
2. Kriteria Eksklusi	50
G. Identifikasi dan Klasifikasi Varibel	50
1. Identivikasi Variabel	50
2. Klasifikasi Variabel	51
H. Defenisi Operasional dan Kriteria Objektif	51
I. Cara Kerja	54
1. Alat dan Bahan	54
2. Cara Penelitian	54
J. Izin Penelitian dan <i>Ethical Clearance</i>	55
K. Pengolahan dan Analisis Data	56
1. Pengolahan Data	56
2. Analisis Data	57
L. Alur Penelitian	59
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	60
A. HASIL PENELITIAN	60
B. PEMBAHASAN	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	90
A. Kesimpulan	90

B. Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	98

DAFTAR TABEL

nomor		halaman
1.	Demografi sampel penelitian berdasarkan kelompok umur, jenis kelamin dan indeks massa tubuh pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral	61
2.	Demografi Sampel Penelitian Berdasarkan Nilai Rerata, Median, SD, Minimum dan Maksimum Umur dan Indeks Massa Tubuh pada Pasien yang Dilakukan Pemeriksaan MRI Lumbosakral	62
3.	Distribusi Parameter Geometrik Sagital Lumbosakral pada Pasien yang Dilakukan Pemeriksaan MRI Lumbosakral	63
4.	Distribusi Sampel Penelitian Berdasarkan Derajat HNP pada Pasien yang Dilakukan Pemeriksaan MRI Lumbosakral	50
5.	Distribusi Sudut <i>Global Lumbosacral</i> dan Derajat HNP pada Pasien yang Dilakukan Pemeriksaan MRI Lumbosakral	66
6.	Distribusi Sudut <i>Sacral Table</i> dan Derajat HNP pada Pasien yang Dilakukan Pemeriksaan MRI Lumbosakral	68
7.	Distribusi Sudut <i>Sacral Kyphosis</i> dan Derajat HNP pada Pasien yang Dilakukan Pemeriksaan MRI Lumbosakral	70
8.	Distribusi <i>Lumbar Sagittal Balance Axis</i> dan Derajat HNP pada Pasien yang Dilakukan Pemeriksaan MRI Lumbosakral	71
9.	Distribusi Umur dan Derajat HNP pada Pasien yang Dilakukan Pemeriksaan MRI Lumbosakral	73
10.	Distribusi Jenis Kelamin dan Derajat HNP pada Pasien yang Dilakukan Pemeriksaan MRI Lumbosakral	75

11. Distribusi Indeks Massa Tubuh dan Derajat HNP pada Pasien yang Dilakukan Pemeriksaan MRI Lumbosakral	76
--	----

DAFTAR GAMBAR

nomor	halaman
1. Ilustrasi HNP dilihat dari facies superior vertebra. (Blaht, 2010)	12
2. Anatomi Vertebral Lumbal (Suyasa I. K. & Kawiya I. K., 2018)	17
3. Anatomi Diskus Intervertebralis (Mayo Clinic, 2020)	20
4. Protusio & Ekstrusio (Smithuis, 2017)	26
5. Sequester (Smithuis, 2017)	27
6. Ilustrasi MRI axial lokasi herniasi diskus (Lee and Choi, 2009)	27
7. MRI Tulang Belakang (Mayo Clinic, 2016)	35
8. Pengukuran <i>global lumbosacral angle</i>	39
9. Pengukuran <i>sacral table angle</i>	40
10. Pengukuran <i>sacral kyphosis angle</i>	42
11. Pengukuran <i>lumbar sagittal balance axis</i> (LSBA)	43

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
HNP	: Hernia Nukleus Pulposus
MRI	: Magnetic Resonance Imaging
WHO	: World Health Organization
NASS	: North American Spine Society
ASSR	: American Society of Neuroradiology
TENS	: Transcutaneous Electrical Nerve Stimulator
NSAID	: Non Steroid Anti Inflammation Drug
RSPTN	: Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri
UNHAS	: Universitas Hasanuddin
GLA	: Global Lumbosacral Angle
STA	: Sacral Table Angle
SKA	: Sacral Kyphosis Angle
LSBA	: Lumbar Sagittal Balance Axis
cm	: centimeter
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences

DAFTAR LAMPIRAN

nomor	halaman
1. Rekomendasi Persetujuan Etik	98
2. Formulir Persetujuan Setelah Penjelasan (<i>Informed Consent</i>)	99
3. Data Sampel Penelitian	100
4. <i>Curriculum Vitae</i>	102

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Hernia nukleus pulposus (HNP) adalah suatu keadaan dimana annulus fibrosus beserta nukleus pulposusnya menonjol ke dalam kanalis spinalis. Di daerah lumbal penonjolan dapat terjadi ke arah posterolateral atau posterosentral (Meschan, 1985). HNP penting sekali karena merupakan salah satu dari sekian banyak penyebab nyeri punggung bawah akibat degeneratif (Meschan, 1985; Adam, *et al.*, 1997). Sekitar 40% penyebab nyeri punggung bawah disebabkan oleh HNP. Penderita sering mengeluh sakit punggung yang menjalar ke tungkai bawah terutama pada saat aktivitas membungkuk (Olmakers, 1998). Timbulnya rasa nyeri diakibatkan penekanan pada susunan saraf tepi yang terjepit pada area tersebut (Han, *et al.*, 1997).

Vertebra lumbalis lebih banyak menyangga berat tubuh dan stres biomekanik yang terkait tulang belakang. Diperkirakan hampir 75% berat badan disangga oleh sendi L5-S1 (Han, *et al.*, 1997; Meredith, *et al.*, 2010; Burgener, *et al.*, 1999). Herniasi paling sering terjadi dibagian kolumna yang lebih mobile ke level yang kurang mobile yaitu daerah perbatasan lumbosakral dan servikotorakal. Sebagian besar dari HNP ($\pm 90\%$) mengenai diskus intervertebralis L5-S1 dan L4-L5 (Meschan, 1985; Han, *et al.*, 1997; Meredith, *et al.*, 2010).

MRI merupakan modalitas utama pemeriksaan HNP dengan sensitifitas dan spesifisitas sekitar 96%-97% (Cox, 1990). MRI sangat sensitif untuk menilai morfologi jaringan lunak, mampu menghasilkan penampang dalam berbagai arah potongan tanpa mengubah posisi pasien, tidak menggunakan sinar radiasi, dapat membedakan antara jaringan padat, lemak atau non lemak, cairan, umur perdarahan dan pembuluh darah, serta tidak invasive (Dadi K, 1998).

Pengukuran sudut lumbosakral merupakan salah satu parameter dalam mengevaluasi kemungkinan etiologi dari sindrom nyeri punggung bawah. Peningkatan sudut lumbosakral menunjukkan kemungkinan fraktur kompresi pada daerah facet joint dan diskus posterior yang menyebabkan perubahan degeneratif dini. Penurunan sudut dapat mempengaruhi titik tumpu tubuh dan mendukung degenerasi diskus dan vertebra. Sementara degenerasi diskus merupakan proses awal terjadinya herniasi nukleus pulposus (Hellems and Keats, 1985; Chalian, *et al.*, 2012; Vismara, *et al.*, 2010).

Ada beberapa parameter sagital lumbosakral dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Ada 4 parameter sagital lumbosakral berdasarkan pemeriksaan MRI lumbosakral yaitu sudut *global lumbosacral*, *sacral table*, *sacral kyphosis* dan *lumbar sagittal balance axis* (Habibi, *et al.*, 2014, Khodair, *et al.*, 2014).

Sudut *global lumbosacral* adalah sudut yang dibentuk oleh garis singgung yang melewati permukaan anterior L1 dan S1. Perubahan

parameter lordosis lumbar dan pelvis pada lesi diskus degeneratif telah dinilai dalam beberapa penelitian. Secara keseluruhan, pasien dengan diskopati menunjukkan memiliki lordosis lumbal yang lebih rendah dan profil sakral yang lebih vertikal (Habibi, *et al.*, 2014).

Sudut *global lumbosacral* berhubungan dengan kelainan diskus intervertebralis. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Habibi, *et al.* (2014) menunjukkan bahwa sudut *global lumbosacral* lebih rendah pada kelainan diskus intervertebralis. Sudut *global lumbosacral* pada kelompok subjek (53° - 103° ; rata-rata $76,5^{\circ} \pm 11,018^{\circ}$) kurang dari kelompok kontrol (52° - 101° ; rata-rata $80^{\circ} \pm 10^{\circ}$), dengan perbedaan yang signifikan secara statistik ($p=0,002$) (Habibi, *et al.*, 2014).

Sudut *sacral table* adalah sudut yang dibentuk oleh endplate superior S1 dan endplate posterior S1. Ada perbedaan yang signifikan secara statistik antara populasi normal dan pasien dengan patologi disk mengenai sudut *sacral table*. Peningkatan risiko degenerasi dan herniasi disk diikuti dengan meningkatnya sudut *sacral table* (Khodair, *et al.*, 2014).

Sudut *sacral kyphosis* adalah sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan titik tengah endplate superior dan inferior S1 dan garis yang menghubungkan titik tengah endplate superior S2 dan endplate inferior S4. Ada perbedaan yang signifikan secara statistik antara populasi normal dan pasien dengan patologi disk mengenai sudut *sacral kyphosis*. Peningkatan risiko degenerasi dan herniasi disk diikuti dengan penurunan sudut *sacral kyphosis* (Khodair, *et al.*, 2014).

Lumbar sagittal balance axis adalah jarak horizontal garis vertikal depan yang turun dari tengah corpus vertebra L1 dan anterior ke sudut S1. Ada korelasi antara *lumbar sagittal balance axis* dengan nyeri punggung bawah. Sebuah korelasi signifikan diamati antara peningkatan *Lumbar sagittal balance axis* dan nyeri punggung bawah ($p=0,001$) (Esmailiejah, *et al.*, 2017).

Korelasi ditemukan antara umur dan tingkat herniasi diskus yang diterapkan pada degenerasi diskus, karena umur rata-rata meningkat secara bertahap sesuai dengan tingkat degenerasi diskus pada arah kranial ($P<0,0001$). Selain itu, jumlah diskus yang mengalami degenerasi meningkat dengan bertambahnya umur sebagaimana ditunjukkan oleh regresi linier standar ($R=0,302$, $P<0,0001$) (Skaf, *et al.*, 2011).

Korelasi yang kuat diamati antara tingkat herniasi dan peningkatan umur ($R=0,371$; $p=0,0001$). Hasil membuktikan bahwa dengan bertambahnya umur, herniasi lumbal lebih bersifat kranial. Ini dapat membantu dalam memahami proses patoanatomi herniasi diskus, dan dalam mengenali sindrom radikuler tingkat yang lebih tinggi pada umur lanjut (Dammers, *et al.*, 2002).

Pada orang yang obesitas risiko timbulnya nyeri punggung lebih besar, karena beban pada sendi penumpu berat badan akan meningkat, sehingga dapat memungkinkan terjadinya nyeri punggung bawah. NPB pada perempuan yang obesitas dihubungkan dengan peningkatan kurva lordosis lumbalis (Burgener, *et al.*, 1999). Penelitian terhadap perempuan

obesitas menunjukkan suatu peningkatan yang signifikan kasus nyeri punggung bawah. Dilaporkan prevalensi NPB sebesar 22% pada 5724 populasi dewasa yang obesitas berumur antara 60 tahun atau lebih, terdapat korelasi linier antara nyeri punggung bawah dan indeks massa tubuh (Han, *et al.*, 1997; Vismara, *et al.*, 2010).

Penelitian tentang hubungan berat badan pada pasca lumbar mikrodisektomi pada pasien HNP menunjukkan peningkatan risiko terjadinya kekambuhan pada penderita yang mengalami herniasi dengan katagori berat badan lebih (Meredith, *et al.*, 2010). Berat badan lebih dipertimbangkan sebagai faktor risiko penyebab nyeri punggung bawah (Lebouf, *et al.*, 2000). Pada kelompok pasien spine disease tentang hubungan obesitas dengan status fungsional spine menunjukkan suatu hubungan yang bermakna, dimana pada mereka dengan katagori obesitas lebih banyak didapatkan nyeri radukuler dan tanda-tanda neurologi lainnya (Fanuele, *et al.*, 2002).

Sebagian besar penelitian tentang parameter sagital lumbosakral telah dilakukan pada populasi dengan nyeri punggung bawah atau pada spondilolistesis tetapi jumlah penelitian pada individu dengan degenerasi diskus intervertebralis atau herniasi diskus sangat rendah. Oleh karena itu, peneliti berkeinginan untuk melakukan penelitian tentang hubungan antara parameter geometrik sagital lumbosakral dengan kejadian HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas, maka penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui:

1. Apakah ada hubungan antara sudut *global lumbosacral* dengan derajat HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral?
2. Apakah ada hubungan antara sudut *sacral table* dengan derajat HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral?
3. Apakah ada hubungan antara sudut *sacral kyphosis* dengan derajat HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral?
4. Apakah ada hubungan antara *lumbar sagittal balance axis* dengan derajat HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan umum

Tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis hubungan antara parameter geometrik sagital lumbosakral dengan kejadian HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.

2. Tujuan khusus

- a. Menentukan sudut *global lumbosacral* pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.
- b. Menentukan sudut *sacral table* pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.

- c. Menentukan sudut *sacral kyphosis* pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.
- d. Menentukan *lumbar sagittal balance axis* pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.
- e. Menentukan derajat HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.
- f. Menganalisis hubungan antara sudut *global lumbosacral* dengan derajat HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.
- g. Menganalisis hubungan antara sudut *sacral table* dengan derajat HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.
- h. Menganalisis hubungan antara sudut *sacral kyphosis* dengan derajat HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.
- i. Menganalisis hubungan antara *lumbar sagittal balance axis* dengan derajat HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.
- j. Menganalisis hubungan antara umur dengan derajat HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.
- k. Menganalisis hubungan antara jenis kelamin dengan derajat HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.
- l. Menganalisis hubungan antara indeks massa tubuh dengan derajat HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.

D. Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah ada hubungan yang bermakna antara parameter geometrik sagital lumbosakral dengan kejadian HNP pada pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI lumbosakral.

Hipotesis dalam penelitian ini yaitu:

1. Ada hubungan yang bermakna antara sudut *global lumbosacral* dengan derajat HNP. Semakin kecil sudut *global lumbosacral* maka semakin tinggi derajat HNP.
2. Ada hubungan yang bermakna antara sudut *sacral table* dengan derajat HNP. Semakin besar sudut *sacral table* maka semakin tinggi derajat HNP.
3. Ada hubungan yang bermakna antara sudut *sacral kyphosis* dengan derajat HNP. Semakin kecil sudut *sacral kyphosis* maka semakin tinggi derajat HNP.
4. Ada hubungan yang bermakna antara *lumbar sagittal balance axis* dengan derajat HNP. Semakin besar *lumbar sagittal balance axis* maka semakin tinggi derajat HNP.
5. Ada hubungan yang bermakna antara umur dengan derajat HNP. Semakin bertambah umur maka semakin tinggi derajat HNP.
6. Ada hubungan yang bermakna antara jenis kelamin dengan derajat HNP.

7. Ada hubungan yang bermakna antara indeks massa tubuh dengan derajat HNP. Semakin tinggi indeks massa tubuh maka semakin tinggi derajat HNP.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi, menambah wawasan dan pengetahuan mengenai parameter geometrik sagital lumbosakral berdasarkan pemeriksaan MRI lumbosakral.

2. Manfaat metodologis

- a. Mengetahui bagaimana hubungan antara parameter geometrik sagital lumbosakral dengan kejadian HNP berdasarkan pemeriksaan MRI lumbosakral.

- b. Mengetahui bagaimana hubungan antara umur dengan kejadian HNP berdasarkan pemeriksaan MRI lumbosakral.

- c. Mengetahui bagaimana hubungan antara jenis kelamin dengan kejadian HNP berdasarkan pemeriksaan MRI lumbosakral.

- d. Mengetahui bagaimana hubungan antara indeks massa tubuh dengan kejadian HNP berdasarkan pemeriksaan MRI lumbosakral.

3. Manfaat aplikatif

- a. Penelitian ini diharapkan bermanfaat menjadikan MRI lumbosakral sebagai pemeriksaan dalam mengetahui prediksi terhadap terjadinya HNP.

- b. Penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi atau menjadi bahan acuan dan mungkin dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

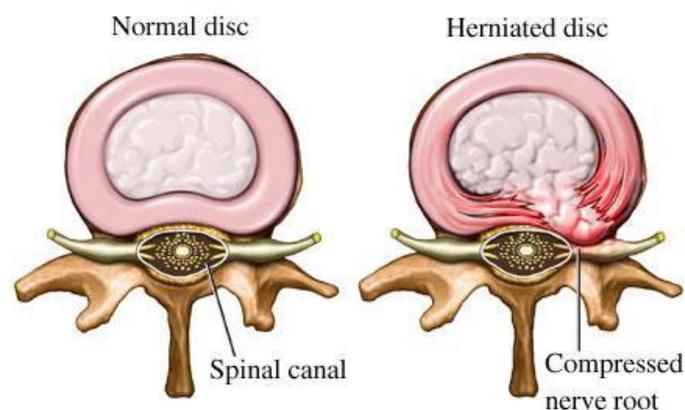
A. Hernia Nukleus Pulposus (HNP)

1. Definisi

HNP adalah suatu kondisi dimana terjadinya penonjolan nukleus pulposus, yaitu bagian tengah dari diskus intervertebralis yang bersifat semi-gelatinosa, terlepas sebagian atau tersendiri di dalam kanalis vertebralis ke arah kanalis spinalis akibat rupturnya annulus fibrosus yang mengelilingi diskus. Materi diskus mungkin terdiri dari nukleus, tulang rawan, tulang apophyseal terfragmentasi, jaringan anular, atau kombinasi dari semuanya (Fardon *et al.*, 2014; Millite, 2000; Meschan, 1985).

HNP bisa terjadi pada seluruh ruas tulang belakang mulai dari tulang servikal, thorakal, lumbal atau sakral. Hal ini dapat mengakibatkan nyeri leher yang menjalar ke ekstremitas atas sekiranya HNP terjadi pada segmen servikal dan torakal, atau nyeri punggung bawah yang menyebar ke bokong dan ekstremitas bawah sekiranya HNP terjadi pada segmen lumbal. Daerah sakitnya tergantung dimana terjadi penjepitan, misalnya di leher maka akan terjadi migrain atau sakit sampai ke bahu. Bisa juga terjadi penjepitan di tulang ekor, akan terasa sakit seperti otot tertarik pada bagian paha atau betis, kesemutan, bahkan sampai pada kelumpuhan. Penonjolan diskus tersebut dapat mengenai serabut saraf dari kanalis spinalis yang dapat menyebabkan radikulopati segmental dengan

parestesia serta kelemahan pada serabut saraf yang terkena. HNP juga sering didefinisikan sebagai hernia diskus intervertebralis, *ruptured disc*, *slipped disc*, atau *prolapsed disc* (Fardon *et al.*, 2014; Millite, 2000; Han,1997; Meschan, 1985).



Gambar 1. Ilustrasi HNP dilihat dari facies superior vertebra. (Blaht, 2010)

2. Epidemiologi

Herniasi diskus yang paling sering ditemukan pada vertebra lumbalis, paling banyak terjadi diskus intervertebralis L5-S1 (45-50%) diikuti oleh L4-L5 (40 - 45%) dan L3-L4 (10%). HNP pada L1-L2 dan L2-L3 jarang ditemukan (Olmakers,1998; Hans *et al.*,1997).

Prevalensi penyakit HNP di Finlandia dan Italia yang menunjukkan simptom adalah kira-kira 1-3%, bergantung kepada usia dan jenis kelamin. Sangat jarang terjadi pada anak-anak dan remaja tapi kejadiannya meningkat dengan bertambahnya umur setelah 20 tahun. Prevalensi yang tertinggi dicatatkan pada golongan berusia antara 30–50 tahun (Heliovaara, 1988). HNP paling sering terjadi pada laki-laki dewasa,

dengan insiden puncak pada dekade ke-4 dan ke-5. Kelainan ini lebih banyak terjadi pada individu dengan pekerjaan yang banyak membungkuk dan mengangkat. Karena ligamentum longitudinalis posterior pada daerah lumbal lebih kuat pada bagian tengahnya, maka protrusi diskus cenderung terjadi ke arah posterolateral, dengan kompresi radiks saraf (Andersson, 1997; Meschan, 1985; Han *et al.*, 1997).

HNP bertanggung jawab atas 40% kasus nyeri punggung kronis. Insiden HNP lumbalis pada sebuah survei besar oleh Finnish di Inggris adalah 5% pada laki-laki dan 4% pada perempuan. HNP lumbalis paling sering (90%) mengenai diskus intervertebralis L5-S1 (Faiz & Moffat, 2002).

3. Etiologi dan Patofisiologi

HNP merupakan kelainan tersering dari gangguan diskus intervertebralis yang mengalami proses degenerasi dan memerlukan tindakan operasi tulang belakang akibat prolaps nukleus pulposus akibat rupturnya diskus intervertebralis berupa protusio atau ekstrusio diskus intervertebralis ke posterior atau posterolateral dan menyebabkan penekanan pada akar saraf pada canalis spinalis. *American Society of Spine Radiology (ASSR)*, *American Society of Neuroradiology (ASNR)* dan *North American Society of Spine Radiology (NASSR)* mendefinisikan HNP sebagai pergeseran lokal nukleus, kartilago, jaringan annular pada rongga diskus intervertebralis. Smithuis melaporkan lokasi aksial herniasi diskus intervertebralis adalah sentral atau medial, parasentral atau

recessus lateral, foraminal atau subartikular, lateral atau ekstraforaminal. Ligamentum longitudinal posterior tebal pada regio sentral sehingga tidak umum terjadi pada regio ini, sementara ligamentum ini lebih tipis pada regio parasentral sehingga seringkali terjadi pada regio parasentral. Herniasi diskus pada regio foraminal hanya terjadi sekitar 5-10%, herniasi di regio ini akan menimbulkan gejala nyeri hebat dan skiatika akibat adanya penekanan dan kerusakan pada saraf. Herniasi regio ekstraforaminal sangat jarang terjadi (Roudsari & Jarvik, 2010; Smithius R., 2005).

Penyebab HNP sendiri bermacam-macam, dari riwayat trauma, gerakan yang salah sehingga tulang punggung mengalami penyempitan ke bawah, ada juga yang karena sering membawa beban berat pada masa pertumbuhan, kebiasaan sikap tubuh yang salah selama bertahun-tahun sehingga terjadi penyempitan pada tulang vertebra dan terjadi penjepitan pada saraf (Mardjono & Sidarta, 2000; Faiz & Moffat, 2002).

Tulang vertebra membawa dan membantu mendistribusikan berat badan. Diskus intervertebralis dibuat untuk menyerap kejutan dari gerakan seperti berjalan, memutar, dan melentur. Karena diskus ini bekerja keras untuk membantu bergerak dengan baik, mereka dapat menjadi aus, annulus fobrosus mulai melemah, nukleus mendorong, menciptakan diskus menggebung atau herniasi (Mardjono & Sidarta, 2000). Sebagian besar HNP terjadi pada L4-L5 dan L5-S1 karena (Faiz & Moffat, 2002):

- a. Daerah lumbal, khususnya L5-S1 mempunyai tugas yang berat, yaitu menyangga berat badan. Diperkirakan hampir 75% berat badan disangga oleh sendi L5-S1.
- b. Mobilitas daerah lumbal sangat tinggi diperkirakan hampir 57% aktivitas fleksi dan ekstensi tubuh dilakukan pada sendi L5-S1.
- c. Daerah lumbal (L5-S1) merupakan daerah rawan karena ligament longitudinal posterior hanya separuh menutupi permukaan posterior diskus. Arah herniasi yang paling sering adalah posterolateral. Faktor-faktor risiko terkena HNP (Chalian, *et al.*, 2012; Vismara, *et al.*, 2010):

- a. Yang tidak dapat diubah
 - 1) Umur: makin bertambah umur, risiko makin tinggi.
 - 2) Jenis kelamin: laki-laki lebih banyak dari perempuan.
 - 3) Riwayat cedera punggung / HNP sebelumnya.
- b. Yang dapat diubah
 - 1) Pekerjaan dan aktivitas.
 - 2) Olah raga tidak teratur, latihan berat dalam jangka waktu lama.
 - 3) Berat badan lebih.

Pada diskus yang sehat bila mendapat tekanan maka nukleus pulposus menyalurkan gaya tekan ke segala arah dengan sama besar. Kemampuan menahan air mempengaruhi sifat fisik nukleus. Penurunan kadar air nukleus mengurangi fungsinya sebagai bantalan, sehingga bila ada gaya tekan maka disalurkan ke annulus secara asimetris, akibatnya

bisa terjadi cedera atau robekan pada annulus (Yuand & Albert, 2009; Millete, 2000).

Tahapan herniasi nukleus pulposus (Faiz & Moffat, 2002):

- a. Degenerasi diskus. Selama tahap pertama, nukleus pulposus melemah akibat perubahan kimia dalam diskus. Pada keadaan ini tidak ada herniasi yang menonjol.
- b. Protusio: sebuah tonjolan kecil atau tonjolan mulai terbentuk. Nukleus berpindah tetapi masih dalam lingkaran annulus fibrosus.
- c. Ekstrusio: inti gelatin nukleus pulposus seperti melalui dinding annulus fibrosus namun masih dalam diskus.
- d. Sekuestrasio: nukleus pulposus melalui annulus fibrosus dan bergerak diluar diskus dalam canalis vertebralis.

4. Anatomi Vertebra Lumbal

Kolumna vertebral merupakan struktur fleksibel yang dibentuk oleh tulang-tulang vertebra yaitu vertebra cervicales, thoracic, lumbales, sacrales, coccygeae. Tulang vertebra ini dihubungkan satu sama lainnya oleh ligamentum dan tulang rawan. Bagian anterior kolumna vertebra terdiri dari corpus vertebra yang dihubungkan satu sama lain oleh diskus fibrokartilago yang disebut diskus intervertebralis dan diperkuat oleh ligament longitudinal anterior dan posterior (Adam, 2012; Madjono & Sidarta., 2000).

Regio lumbal terletak pada bagian bawah dari susunan tulang belakang yang terdiri dari 5 vertebral body yang mobile, 4 diskus

diperhatikan adalah prosesus transversus L5 berkembang lebih kuat, sering menyerupai pars lateralis dari sakrum, memberikan keterikatan pada ligamen iliolumbar, yang menstabilkan vertebra lumbalis terakhir di panggul. (Berquist, 2000)

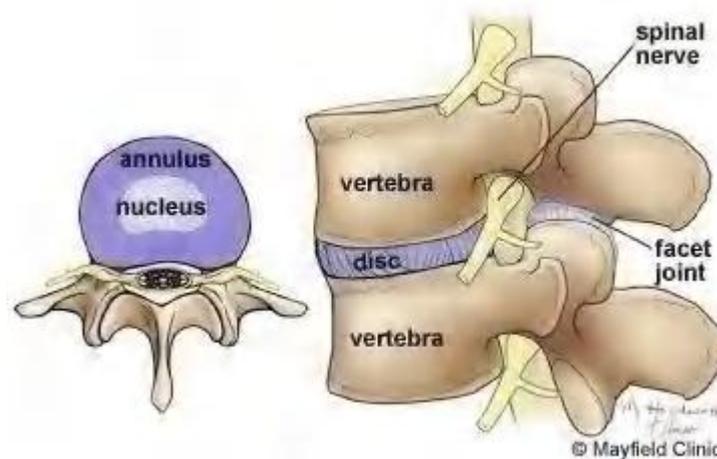
Vertebra L5 berperan dalam fungsi menyerap goncangan panggul. Foramen intervertebralis dari L5 biasanya lebih sempit dari vertebra lumbal lainnya, meskipun umumnya pedikel L5 berkembang kuat. Ruas ini biasanya cukup miring, sehingga sendi L5/S1 biasanya terletak pada bidang frontal, untuk mencegah meluncur ke depan. (Haldeman *et al.*, 2002)

Di antara dua corpus vertebra terdapat diskus intervertebralis yang terdiri dari dua regio utama dengan nukleus pulposus lunak dibagian tengah dan lapisan luar berupa annulus fibrosus yang mengandung kolagen. Diskus intervertebralis merupakan sendi yang menghubungkan tulang-tulang vertebra pada tulang belakang. Dan merupakan lempengan kartilago yang membentuk sebuah bantalan di antara corpus vertebra. Material yang keras dan fibrosa ini digabungkan dalam satu kapsul. Bantalan seperti bola dibagian tengah diskus disebut nukleus pulposus. (Haldeman *et al.*, 2002; Suyasa I. K. & Kawiyana I. K., 2018).

Diskus intervertebralis membentuk seperempat dari panjang tulang vertebrae. Diskus intervertebralis adalah bantalan fibrokartilaginosa berperan sebagai sistem shock tulang vertebrae yang menyerap dan melindungi tulang belakang, medulla spinalis, otak, dan struktur lainnya.

Cakram memungkinkan beberapa gerakan vertebra seperti ekstensi dan fleksi. Gerakan diskus individu sangat terbatas, namun gerak yang cukup besar yang mungkin ketika beberapa cakram menggabungkan kekuatan. (Haldeman *et al.*, 2002)

Struktur diskus intervertebralis terdiri dari tiga daerah anatomi yang terintegrasi yaitu nukleus pulposus di bagian tengah yang banyak memiliki kandungan air dan kolagen tipe II, annulus fibrosus di bagian tepi mengandung kolagen tipe I dan II serta terdapat dua *end plate* yang terdiri dari tulang rawan hyaline di bagian superior dan inferior. Kandungan air dan *proteoglikan* pada nukleus pulposus memungkinkan untuk meneruskan muatan beban dari vertebra ke vertebra di bawahnya (*compressive load*), sedangkan gaya beban radial (*tensile load*) diabsorpsi oleh tegangan pada serabut annulus fibrosus. Perubahan kandungan kolagen yang terdapat dalam diskus intervertebralis dapat berlangsung secara alami bersamaan dengan proses penuaan, proses ini disebut sebagai degenerasi diskus intervertebralis (Suyasa I. K. & Kawiyana I. K., 2018).



Gambar 3. Anatomi Diskus Intervertebralis (Mayo Clinic, 2020)

Nukleus pulposus diskus intervertebralis mengandung banyak *proteoglikan* (50%) dengan konsistensi lunak pada bagian tengah. Hal ini menyebabkan nukleus pulposus menarik air serta memiliki konsistensi kenyal yang berfungsi sebagai *shock adsorber* pada tulang belakang. *Proteoglikan* juga diperkirakan mempengaruhi permeabilitas jaringan dan kemampuan difusi pada diskus serta mempengaruhi homeostasis (Suyasa I. K. & Kawiyana I. K., 2018).

Annulus Fibrosus (AF) yang merupakan lapisan luar dari diskus intervertebralis mengelilingi NP dan terdiri dari 15 - 25 cincin konsentris (lamelar) serat kolagen tipe I, II dan III dengan predominan kolagen tipe I. Serat ini berorientasi sekitar 60 derajat terhadap axis vertikal dan memiliki struktur parallel di setiap lamelar. Serat elastin dan *proteoglikan* juga terdapat dalam lamella yang dapat membantu gerakan fleksi/ekstensi diskus (Suyasa I. K. & Kawiyana I. K., 2018).

Sedangkan *Cartilage End-Plates* (CEPs) membungkus permukaan tulang kortikal dari korpus vertebra superior dan inferior serta menghubungkan diskus dengan korpus vertebra. CEPs ini merupakan lapisan hyaline cartilage horizontal tipis dengan tebal kurang dari 1 mm yang berperan untuk membantu aliran nutrisi dan produk buangan antara korpus vertebra dan diskus intervertebralis dengan aliran darah sistemik (Suyasa I. K. & Kawiya I. K., 2018).

Kandungan kolagen dari diskus intervertebralis terdiri dari kolagen tipe I dan tipe II, dengan nukleus pulposus yang mengandung kolagen tipe I serta annulus fibrosus mengandung kolagen tipe I dan II. Perubahan kandungan kolagen dalam diskus intervertebralis dapat terjadi secara alami karena penuaan maupun karena proses degenerasi. Fungsi utama kolagen adalah memberikan kekuatan pada diskus intervertebralis (Suyasa I. K. & Kawiya I. K., 2018).

Ada 2 keseimbangan yang terdapat dalam diskus yaitu (Suyasa I. K. & Kawiya I. K., 2018):

- a. Keseimbangan *swelling pressure* atau keseimbangan kimiawi, yaitu keseimbangan antara nukleus pulposus yang mengandung proteoglikan dengan sifat menyerap air serta adanya kandungan kolagen yang menolak penyerapan air.

b. Keseimbangan mekanik

Keseimbangan yang terjadi bila ada gaya/ beban yang diberikan pada nukleus, maka gaya tersebut akan diteruskan ke annulus yang ada di sekitarnya

Apabila keseimbangan kimiawi dan mekanik ini terganggu, maka kemampuan diskus akan berkurang dalam mengatur kandungan airnya, hal ini akan mengakibatkan terjadinya proses degenerasi pada diskus intervertebralis (Suyasa I. K. & Kawiyana I. K., 2018).

Ligamen merupakan atau lembaran jaringan ikat yang menghubungkan dua atau lebih tulang, tulang rawan, atau struktur bersama. *Vertebral body* bersama dengan diskus intervertebralis dihubungkan oleh beberapa ligamen yaitu ligamen longitudinal anterior, posterior dan flavum. Ligamen longitudinal anterior merupakan ligamen fibrosa kuat yang menyelubungi dan menghubungkan aspek anterior *vertebra body* dan diskus intervertebralis yang berjalan dari permukaan pelvis dari sakrum ke tuberkel anterior os atlas. Satu atau lebih ligamen memberikan stabilitas untuk bersama selama istirahat dan gerakan. Gerakan yang berlebihan seperti hiperekstensi atau hiperfleksi, dapat dibatasi oleh ligamen. Selanjutnya, beberapa ligamen mencegah gerakan dalam arah tertentu. Tiga ligamen penting ditulang belakang yaitu ligament flavum, ligamen longitudinal anterior dan ligamen longitudinal posterior. (Berquist, 2000; Suyasa I. K. & Kawiyana I. K., 2018).

Ligamen longitudinal posterior berada dalam kanalis vertebralis sepanjang aspek posterior badan vertebra. Ligamen ini menempel ke diskus intervertebralis dan ujung posterior badan vertebra axis sampai ke sakrum yang berfungsi mencegah hiperfleksi kolumna vertebra dan protrusi posterior diskus intervertebralis. Struktur ligamentum longitudinal posterior semakin menyempit dan tipis ke inferior terutama di lumbosakral. Adanya herniasi diskus intervertebralis akan disertai kerusakan ligamentum longitudinal posterior (Bischoff, *et al.* 1993; Kisher, 2012; Martin, *et al.*, 2002; Suyasa I. K. & Kawiyana I. K., 2018).

Ligamen flavum merupakan interlaminar ligamen yang berada di dalam kanalis spinalis yang menyelimuti dinding dorsalnya. Bagian medial ligamen ini lebih tebal dan menyatukan lamina sedangkan bagian lateral lebih tipis menyelimuti sendi serta menyatu dengan kapsul fibrosa sendi facet. Secara mikroskopis ligamen flavum terdiri dari serat jaringan ikat elastis sebanyak 80% dan serat kolagen sebanyak 20%. Ligamen flavum dewasa memiliki sel yang lebih sedikit dengan mayoritas sel fibrosit berbentuk spindel. Ligamen flavum paling tebal pada level L4-5 dan L5-S1 dengan ketebalan bervariasi antara 2-10 mm yang divaskularisasi oleh arteri posterior kanalis vertebralis dan arkus vertebralis. Ligamen ini mencegah gerakan hiperfleksi dan mempertahankan kurvatura dinding posterior kanalis spinalis tetap sejajar di semua posisi dan meluruskan kembali kolumna vertebralis setelah pergerakan fleksi. Ligamen ini juga berfungsi sebagai kapsul pada permukaan ventral sendi facet dan

menjaga saraf spinalis bebas dari kompresi ketika melewati kanalis intervertebralis, terutama saat terjadi pergerakan (Suyasa I. K. & Kawiyana I. K., 2018).

Unit Fungsional dari kolumna vertebra adalah kombinasi dari diskus intervertebralis dan sendi facet, selain untuk memproteksi elemen neural juga untuk fungsi stabilisasi. Sendi facet berhubungan dengan korpus vertebra pada kedua sisinya dengan struktur yang dinamakan lamina yang membentuk arkus posterior. Sendi ini berhubungan dengan setiap tingkatnya dengan ligamentum flavum yang berwarna kuning karena komposisinya yang tinggi elastin sehingga memungkinkan untuk terjadi ekstensi dan fleksi maksimal dari kolumna vertebra. Stabilisasi dari vertebra merupakan kemampuan vertebra secara fisiologi untuk mencegah pergeseran korpus vertebra atau iritasi terhadap medula spinalis atau akar saraf, dan untuk mencegah deformitas akibat kapasitas yang berlebihan atau nyeri akibat perubahan struktural. Kerusakan dari struktur yang menyanggah vertebra baik ligamentum, diskus intervertebralis dan sendi facet dapat menurunkan stabilitas dari vertebra (Bischoff, *et al.* 1993; Kisher, 2012; Martin, *et al.*, 2002).

Cabang meningeal saraf vertebra bernama saraf sinovertebra rekuren mempersarafi area disekitar diskus intervertebralis. Saraf ini berasal dari ganglion akar saraf dorsalis dan masuk melalui foramen kemudian bercabang menjadi ascendens mayor dan descendens minor. Bagian luar dari annulus memperoleh persarafan sementara nukleus

pulposus tidak memiliki persarafan. Ligamentum longitudinal anterior juga mendapat persarafan dari cabang ganglion akar saraf dorsal, dan ligamentum longitudinal posterior mendapat persarafan dari cabang ascendens mayor saraf sinovertebra. Diskus intervertebralis merupakan struktur yang avaskuler dan mendapat nutrisi dari kapiler yang berada pada *endplate* vertebra. Kapiler ini mendapat aliran darah dari cabang distal interosseus yang memberikan perdarahan bagi korpus vertebra. (Martin, *et al.*, 2002; Colledge & Alfred, 2007)

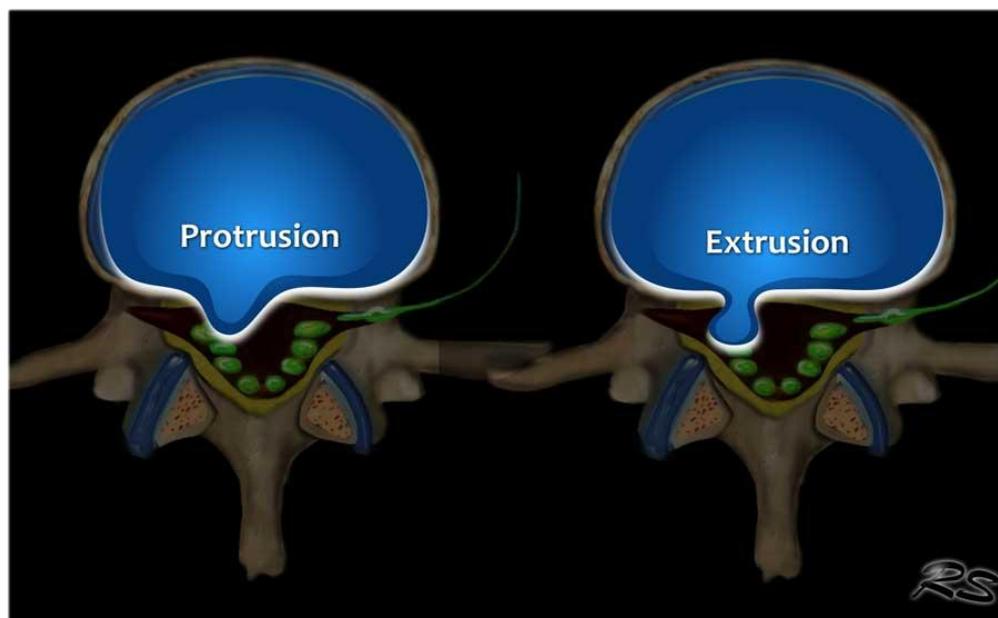
5. Klasifikasi

Berdasarkan rekomendasi *North American Spine Society (NASS)*, *American Society of Spine Radiologi (ASSR)* dan *American Society of Neuroradiology (ASNR)*, herniasi diskus dibagi 2 bagian berdasarkan lokasi anatomis (bidang transversal dan craniocaudal) letak perpindahan materi diskus yaitu (Roudsari & Jarvik, 2010; Smithius R., 2005; Fardon & Millete, 2001):

- a. Protrusio. Merupakan penonjolan diskus intervertebralis fokal namun masih terdapat hubungan dengan diskus intervertebralis, jarak terjauh antara tepi dari diskus intervertebralis melewati jarak diskus lebih kecil dari jarak antara lebar basis diskus pada level yang sama ($<180^\circ$). Herniasi biasanya berbentuk triangular.
- b. Ekstrusio. Merupakan keadaan dimana nukleus pulposus sudah tidak berhubungan dengan diskus intervertebralis.

- c. Sekuestratio. Merupakan bentuk ekstrusi yang lebih lanjut yaitu bila materi diskus yang mengalami herniasi terpisah dari diskus asalnya.

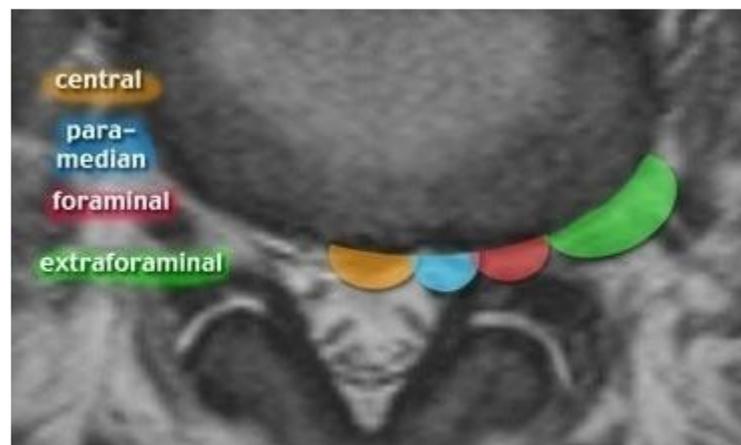
Annular tear dan bulging tidak dimasukkan ke dalam kategori herniasi diskus. Hal ini disebabkan karena terminologi annular tear yaitu robekan jaringan annulus sehingga terjadi perpindahan letak materi diskus tetapi masih di dalam ruang diskus intervertebralis. Sedangkan bulging disk merupakan merupakan penonjolan diskus intervertebralis dengan lebar $> 50\%$ dari tepi cincin apofisis ($> 180^\circ$ tepi diskus), menonjol kurang dari 3 mm tepi bulging dapat simetris maupun asimetris (Roudsari & Jarvik, 2010; Smithius R., 2005; Fardon and Millete, 2001).



Gambar 4. Protusio & Ekstrusio (Smithuis, 2017)



Gambar 5. Sequester (Smithuis, 2017)



Gambar 6. Ilustrasi MRI axial lokasi herniasi diskus (Lee and Choi, 2009).

Berdasarkan lokasi, herniasi diskus dibagi 4 (Kim, 1999) yaitu :

- a. Sentral atau medial (orange). Mulai dari ligamen longitudinal posterior yang menipis pada daerah lumbalis, biasanya herniasi ringan di kiri atau kanan daerah sentral.
- b. Paramedial atau *lateral resess* (biru). Karena ligamen longitudinal posterior tidak berada ditengah pada regio ini dan merupakan daerah utama terjadinya herniasi diskus.

- c. Foraminal atau subartikular (merah). Tempat ini jarang terjadi herniasi diskus ke foramen intervertebral. Hanya 5 - 10% dari semua kejadian herniasi diskus. Herniasi pada daerah ini sangat menyulitkan pasien karena daerah ini merupakan struktur neural yang halus dan disebut *nerve root ganglion dorsalis*, didaerah ini menghasilkan suatu nyeri yang berat, sciatica dan kerusakan sel-sel neural.
- d. Ekstraforaminal atau lateral (hijau). Herniasi diskus disini jarang terjadi.

6. Gejala Klinis

HNP merupakan penyebab paling sering gejala nyeri punggung bagian bawah dan nyeri radikular pada tungkai. Nyeri radikular seperti skiatika biasanya dikeluhkan berupa nyeri tumpul, nyeri tajam, atau rasa terbakar (Takada, *et al.*, 2001). Gejala HNP dapat bervariasi mulai dari asimtomatik sampai paraplegia dan yang jarang terjadi adalah gangguan berkemih. Gejala sensorik diantaranya adalah parestesia, disesthesia, hiperestesia atau anestesi yang melibatkan dermatom lumbosakral. Sekitar 63-72% penderita mengeluhkan parestesia, nyeri radikular terjadi sekitar 35% dan rasa kebas sebanyak 27%. Progresivitas penyakit dapat mengakibatkan paraplegia dan sindrom cauda equine (American Academy of Orthopedic Surgeons, 2020; Carragee, 2005; Autio, 2006).

Nyeri timbul sesuai dengan distribusi dermatom, manakala kelemahan otot pula timbul sesuai dengan miotom yang terlibat. Intensitas

nyeri yang dirasakan akan meningkat apabila pasien batuk, bersin serta menggerakkan tulang belakang dalam posisi tertentu seperti ekstensi dan fleksi karena tekanan yang diberikan kepada diskus intervertebralis akibat perlakuan tersebut dapat menekan saraf yang terlibat sehingga menimbulkan nyeri (Mayo Clinic, 2016; Autio, 2006; Sylvia & Lorraine, 1995).

7. Penatalaksanaan

a. Konservatif Non-Farmakologis (Jordon, *et al.*, 2006)

- 1) Tirah Baring, dapat dilakukan untuk mengurangi rasa nyeri dan reaksi inflamasi. Namun, pasien tidak disarankan untuk tirah baring sepanjang masa dalam jangka masa yang lama dan perlu diselangi dengan latihan fisik yang ringan.
- 2) Kompres Hangat/Dingin, untuk mengurangi spasme otot dan reaksi inflamasi. Beberapa pasien merasakan nyeri hilang pada pengompresan hangat, sedangkan yang lain pada pengompresan dingin.
- 3) TENS (*Transcutaneous Electrical Nerve Stimulator*), merupakan teknik stimulasi listrik untuk mengurangi sensasi nyeri punggung dengan mengganggu impuls nyeri yang dikirimkan ke otak.
- 4) Latihan dan Modifikasi Gaya Hidup, pasien direkomendasikan untuk memulai latihan ringan tanpa stres secepat mungkin. *Endurance exercise* adalah latihan aerobik yang memberi stres minimal pada punggung seperti jalan, naik sepeda atau

berenang, dimulai pada minggu kedua setelah rawatan nyeri punggung bawah. *Conditional exercise* pula bertujuan untuk memperkuat otot punggung yang dimulai sesudah dua minggu karena apabila dimulai pada peringkat awal, ia mungkin akan memperberat keluhan pasien.

b. Konservatif Farmakologis (Highsmith, 2016)

1) Analgetik atau *Non Steroid Anti Inflammation Drug* (NSAID)

Analgetik atau NSAID seperti ibuprofen dapat diberi kepada pasien untuk mengurangi rasa nyeri dan reaksi inflamasi sehingga mempercepat kesembuhan.

2) *Muscle Relaxants*

Pasien biasanya sering mengeluhkan spasme otot akibat dari HNP. Oleh itu, obat ini dapat diberikan untuk mengurangi spasme otot.

3) Steroid Oral (Kortikosteroid)

Pemberian kortikosteroid dapat mengurangi bengkak dan inflamasi akibat HNP. Namun begitu, obat ini selalu diberikan untuk penggunaan jangka pendek karena penggunaan kortikosteroid jangka panjang dapat menimbulkan banyak efek samping seperti *immunocompromized*.

4) Opioid

Opioid diberikan kepada pasien nyeri kronis, yaitu HNP stadium 3 dan 4. Sebagian pasien mengalami toleransi terhadap opioid

sehingga memerlukan dosis yang tinggi untuk mengurangi nyeri. Dosis opioid yang tinggi dapat menyebabkan ketergantungan dan perlu sentiasa dipantau.

5) *Anti-depressants*

Obat golongan ini dapat menghambat transmisi nyeri ke otak dan dapat meningkatkan *endorphine* yang berfungsi sebagai *natural painkiller*. Obat ini juga membantu pasien untuk tidur dan istirahat dengan baik.

6) Injeksi Steroid

Injeksi steroid pada epidural dapat mengurangi nyeri dan inflamasi lebih cepat akibat kompresi saraf. Injeksi steroid ini dapat memberikan pengurangan nyeri yang signifikan pada dosis pertama, tetapi memerlukan waktu beberapa hari untuk bekerja. Injeksi steroid diberikan tidak lebih dari tiga kali dalam setahun.

c. Terapi Bedah (Jordon *et. al.*, 2006)

Tindakan operatif dilakukan apabila:

- 1) Pasien menderita HNP grade 3 atau 4.
- 2) Tidak ada perbaikan lebih baik, masih ada gejala nyeri yang tersisa, atau ada gangguan fungsional setelah terapi konservatif diberikan selama 6 hingga 12 minggu.
- 3) Terjadinya rekurensi yang sering dari gejala yang dialami pasien sehingga menyebabkan keterbatasan fungsional kepada pasien,

meskipun terapi konservatif yang diberikan setiap terjadinya rekurensi dapat menurunkan gejala dan memperbaiki fungsi dari pasien.

- 4) Terapi yang diberikan kurang terarah dan berjalan dalam waktu lama.
- 5) Antara terapi operatif yang sering dilakukan adalah *discectomy*, *microdiscectomy*, *percutaneous discectomy*, dan *laser discectomy*

8. Prognosis

Perbaikan klinis kebiasaannya terlihat pada kebanyakan pasien dan hanya 10% pasien saja yang masih merasakan nyeri setelah enam minggu dan direkomendasi untuk menjalani terapi pengobatan operatif. Hasil pemeriksaan MRI yang sekuenial pada 2/3 pasien HNP menunjukkan bahwa bagian diskus yang mengalami herniasi dapat kembali normal seiring pertambahan masa, dengan penyembuhan partial atau total setelah enam bulan pengobatan (Deyo & Weinstein, 2001).

9. Tinjauan Pemeriksaan Radiologi

a. X-Ray Lumbosacral

Pemeriksaan X-Ray untuk vertebra lumbosakral diantaranya proyeksi AP, lateral, oblik dan lumbal dinamik. Pemeriksaan lumbal dengan posisi tegak dan dinamik dapat membantu mengidentifikasi instabilitas, anterolisthesis atau retrolisthesis sebagai tanda tidak langsung dari proses degeneratif diskus intervertebralis. Tidak

dapat mendeteksi HNP tetapi dapat mengidentifikasi penyebab nyeri tulang belakang seperti infeksi, tumor, *alignment* yang sudah bergerak dan fraktur kompresi. X-Ray dilakukan sebagai pemeriksaan pertama dalam menilai kelainan anatomi dan kedudukan antara tulang-tulang (Mayo Clinic, 2016; Hasz, 2012).

b. CT-Scan

CT scan dapat menunjukkan beberapa imej berbagai arah yang kemudiannya akan dikombinasi untuk menghasilkan imej *cross-sectional* tulang belakang dan struktur sekitarnya dapat terlihat (Mayo Clinic, 2016).

c. Myelografi

Kontras diinjeksi ke dalam cairan spinal dan kemudian dilakukan pemeriksaan foto polos. Pemeriksaan ini dapat menunjukkan saraf yang mengalami penjepitan akibat HNP atau kondisi lain (Mayo Clinic, 2016).

d. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI)

MRI merupakan pencitraan baku emas yang memiliki sensitivitas 100% dan spesifitas 97 % dalam mendiagnosis HNP. MRI merupakan modalitas yang sangat baik dalam memperlihatkan struktur jaringan lunak dan keunggulan lain dari MRI adalah tidak menggunakan radiasi. MRI sangat baik untuk menilai proses degenerasi tulang belakang yang meliputi degenerasi diskus, hemiasi diskus, robekan anulus fibrosus, stenosis kanalis spinalis

maupun kompresi *nerve root* akibat herniasi diskus. MRI juga mampu menggambarkan kelainan sendi *facet* baik hipertrofi maupun proses inflamasi *facet*. Hipertrofi ligamen flavum yang dapat menyebabkan stenosis *canalis spinalis* dapat ditunjukkan dengan baik oleh MRI (Dikjen Bina Upaya Kesehatan, 2019; Martadiani E. D, 2018; Roudsari & Jarvik, 2010; Carragee, 2005).

Sekuens MRI yang digunakan dalam pemeriksaan MRI lumbosakral T1W1 dan T2W1 potongan aksial dan sagital. Pada sekuens T2W1 memperlihatkan gambaran yang sangat baik karena *annulus* yang kaya akan jaringan ikat akan memberikan gambaran hipointens sementara nukleus pulposus yang kaya akan air terlihat hiperintens. Pemeriksaan MRI memang merupakan standar baku emas dalam mendiagnosis HNP namun pemeriksaan MRI mahal dan pemeriksaan yang dilakukan lama. Pemeriksaan MRI merupakan kontraindikasi bagi pengguna *pace maker*, klip aneurisma, *impian koklea/ stapes*, maupun pada *klaustrofobia* serta beberapa kondisi lain merupakan kontraindikasi pemeriksaan MRI (Dikjen Bina Upaya Kesehatan, 2019; Roudsari & Jarvik, 2010; Carragee, 2005; Martadiani, 2018).



Gambar 7. MRI Tulang Belakang (Mayo Clinic, 2016)

10. Faktor-faktor Risiko

a. Umur

Umur merupakan faktor utama terjadinya HNP karena annulus fibrosus akan kehilangan elastisitasnya akibat kehilangan air dan protein, seiring dengan peningkatan usia sehingga menjadi kering dan keras. Hal ini akan menyebabkan annulus fibrosus mudah berubah bentuk dan terjadi ruptur (Sylvia & Lorraine, 1995).

b. Jenis kelamin

Laki-laki lebih sering terkena HNP dibandingkan wanita dengan rasio 2:1. Hal ini terkait dengan pekerjaan dan aktivitas yang dilakukan oleh laki-laki cenderung kepada aktifitas fisik berat yang melibatkan tulang belakang sehingga menimbulkan risiko terjadinya HNP (Sylvia & Lorraine, 1995).

c. Pekerjaan

Pekerjaan yang memberikan tekanan secara terus menerus terhadap tulang belakang juga dapat menyumbang kepada

kejadian HNP. Selain itu, cara mengangkat barang yang salah juga dapat meningkatkan risiko terjadinya HNP. Kondisi seseorang yang duduk dalam jangka waktu yang sangat lama juga merupakan salah satu kondisi yang menyebabkan terjadinya HNP (Sylvia & Lorraine, 1995).

d. Riwayat trauma tulang belakang

Trauma seperti jatuh atau pukulan yang melibatkan tulang belakang dapat memberikan tekanan pada kolumna vertebralis. Dalam pada itu, seseorang yang pernah mempunyai riwayat pembedahan tulang belakang turut berisiko untuk mengalami HNP karena kemungkinan terjadi kondisi abnormal yang melemahkan struktur diskus intervertebralis (Sylvia & Lorraine, 1995).

e. Merokok

Seseorang yang merokok berisiko untuk mengalami HNP karena bahan yang terkandung dalam rokok dapat menghambat aliran darah dan distribusi nutrisi untuk penyembuhan diskus intervertebralis (Foster, 2017).

f. Faktor genetik

Faktor genetik merupakan suatu predisposisi terjadinya HNP karena kemungkinan terjadinya akselerasi degenerasi struktur diskus intervertebralis akibat dari genetik yang diwarisi (Foster, 2017).

g. Indeks massa tubuh

Berat badan yang berlebihan (obesitas) juga dikatakan dapat menyebabkan HNP karena daerah lumbal tulang belakang yang menjadi penyangga tubuh terpaksa menahan beban berat badan yang berlebihan karena beban pada sendi penumpu berat badan akan meningkat sehingga dapat menyebabkan lordosis lumbalis akan bertambah yang kemudian menimbulkan kelelahan pada otot paravertebra dan menyebabkan kerusakan pada diskus intervertebralis lumbal (Chalian, *et al.*, 2012; Vismara, *et al.*, 2010; Foster, 2017).

Pada orang obesitas ditemukan kelemahan otot abdominal yang akan menyebabkan beban aksial hanya dikolumna vertebra saja, sementara *centre of gravity* bergeser ke depan akibat gaya moment meningkat sehingga mendorong kurva lumbalis lebih lordosis pada bidang frontal, untuk mencegah meluncur ke depan. Hiperlordosis akan meningkatkan iritasi pada lumbal L5-S1 sehingga akan terjadi nyeri lumbal pada 43% populasi (Vismara, *et al.*, 2010; Cailliet, 1981).

Cailliet R menyatakan besarnya sudut lumbosakral optimal adalah 30 derajat. Pada sudut 30 derajat *shearing stress* sebesar 50 % dari beban di atasnya, pada sudut 40 derajat sebesar 65 % dan pada sudut 50 derajat, *shearing stress* sebesar 75% dari beban di atasnya. Jika semakin besar sudut lumbosakral akan menambah

shearing stress dan mempengaruhi kurve lordotik lumbalis (Cailliet, 1981; Lee and Choi, 2009).

B. Parameter Geometrik Sagital Lumbosakral

Menurut penelitian Abitbol tahun 1987 tentang sudut lumbosakral pada suatu studi pada 131 orang anak-anak umur dari neonatal sampai 5 tahun, terdapat peningkatan dari rata-rata 20 derajat saat lahir dan rata-rata 70 derajat pada usia 5 tahun, dan tetap pada tingkat itu setelahnya (Abitbol, 1987).

Pengukuran sudut lumbosakral merupakan salah satu parameter dalam mengevaluasi kemungkinan etiologi dari sindrom nyeri punggung bawah. Peningkatan sudut lumbosakral menunjukkan kemungkinan fraktur kompresi pada daerah facet joint dan diskus posterior yang menyebabkan perubahan degeneratif dini. Penurunan sudut dapat mempengaruhi titik tumpu tubuh dan mendukung degenerasi diskus dan vertebra. Sementara degenerasi diskus merupakan proses awal terjadinya herniasi nukleus pulposus (Hellems and Keats, 1985; Chalian, *et al.*, 2012; Vismara, *et al.*, 2010).

Ada beberapa parameter sagital lumbosakral dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Ada 4 parameter sagital lumbosakral berdasarkan pemeriksaan MRI lumbosakral yaitu sudut *global lumbosacral*, *sacral table*, *sacral kyphosis* dan *lumbar sagittal*

balance axis (Habibi, *et al.*, 2014; Khodair, *et al.*, 2014; Esmailiejah, *et al.*, 2017).

1. Sudut *Global Lumbosacral*

Sudut *global lumbosacral* didefinisikan sebagai sudut antara garis singgung yang melewati permukaan anterior L1 dan S1 (Gambar 8). Menghindari ujung runcing/osteofit marginal, garis singgung dilewatkan melalui bagian tengah yang halus dari dinding anterior (Habibi, *et al.*, 2014). Sudut lumbosakral dan lengkung yang abnormal dianggap berkontribusi terhadap degradasi tulang belakang oleh banyak peneliti. Orientasi normal struktur *lumbosacropelvic* memainkan peran penting dalam menentukan gaya geser dan tekan yang diterapkan pada anterior (badan vertebral dan cakram intervertebralis) dan posterior (sendi facet) elemen kolumna vertebra lumbar (Ghasemi, *et al.*, 2016).



Gambar 8. Pengukuran *global lumbosacral angle*

Studi Habibi, *et al.* (2014) menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara sudut *global lumbosacral* dengan patologi diskus

intervertebralis. Ada perbedaan yang bermakna secara statistik sudut *global lumbosacral* antara kelompok subjek dan kelompok kontrol ($p=0,002$). Sudut *global lumbosacral* pada kelompok subjek dengan patologi diskus intervertebralis lebih kecil daripada kelompok kontrol dengan MRI normal. Rentang besar sudut *global lumbosacral* pada populasi normal adalah 52° - 101° dengan rata-rata $80^{\circ} \pm 10^{\circ}$ (Habibi, *et al.*, 2014).

2. Sudut *Sacral Table*

Sudut *sacral table* adalah sudut yang dibentuk oleh endplate superior S1 dan endplate posterior S1 (Gambar 9). Ada perbedaan yang signifikan secara statistik antara populasi normal dan pasien dengan patologi diskus mengenai sudut *sacral table*. Peningkatan risiko degenerasi dan herniasi diskus diikuti dengan meningkatnya sudut *sacral table* (Khodair, *et al.*, 2014).

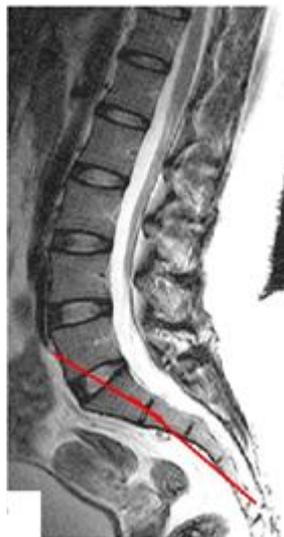


Gambar 9. Pengukuran *sacral table angle*

Studi Khodair, *et al.* (2014) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara populasi normal dan pasien dengan patologi diskus dalam hal sudut *sacral table* ($p=0,009$). Peningkatan risiko degenerasi dan herniasi diskus diikuti dengan peningkatan sudut *sacral table*. Rentang besar sudut *sacral table* pada populasi normal adalah 93° - 121° dengan rata-rata $103^{\circ} \pm 6,1^{\circ}$ (Khodair, *et al.*, 2014).

3. Sudut *Sacral Kyphosis*

Sudut *sacral kyphosis* adalah sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan titik tengah endplate superior dan inferior S1 dan garis yang menghubungkan titik tengah endplate superior S2 dan endplate inferior S4 (Gambar 10). Ada perbedaan yang signifikan secara statistik antara populasi normal dan pasien dengan patologi disk mengenai sudut *sacral kyphosis*. Peningkatan risiko degenerasi dan herniasi disk diikuti dengan penurunan sudut *sacral kyphosis* (Khodair, *et al.*, 2014).

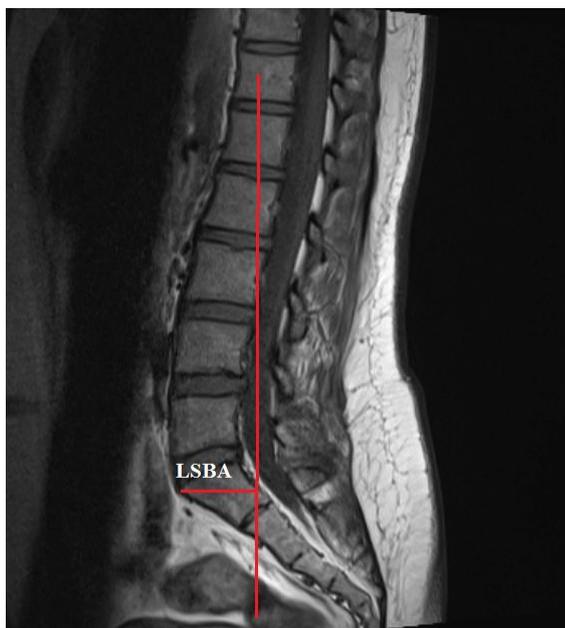


Gambar 10. Pengukuran *sacral kyphosis angle*

Studi Khodair, *et al.* (2014) menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara populasi normal dan pasien dengan patologi diskus dalam hal sudut *sacral kyphosis* ($p=0,047$). Berbeda dengan sudut *sacral table*, peningkatan risiko degenerasi dan herniasi diskus diikuti dengan penurunan sudut *sacral kyphosis*. Rentang besar sudut *sacral kyphosis* pada populasi normal adalah 100° - 172° dengan rata-rata $145,5^{\circ} \pm 14,7^{\circ}$ (Khodair, *et al.*, 2014).

4. *Lumbar sagittal balance axis*

Lumbar sagittal balance axis adalah jarak horizontal garis vertikal depan yang turun dari tengah corpus vertebra L1 dan anterior ke sudut S1 (gambar 11). Ada korelasi antara *lumbar sagittal balance axis* dengan nyeri punggung bawah. Sebuah korelasi signifikan diamati antara peningkatan *lumbar sagittal balance axis* dan nyeri punggung bawah ($p=0,001$) (Esmailiejah, *et al.*, 2017).



Gambar 11. Pengukuran *lumbar sagittal balance axis* (LSBA)

Dalam dekade terakhir, beberapa penelitian telah mengevaluasi bentuk sakrum dan kemiringan pada penyakit diskus intervertebralis lumbal. Dalam sebuah penelitian yang dilakukan pada tahun 2002, kemiringan sakral yang lebih rendah dan kelengkungan lumbal yang lebih lurus ditemukan pada pasien dengan herniasi diskus. Pada 2007, Barrey, *et al.*, menunjukkan bahwa pasien dengan lesi diskus ditandai dengan 'insiden pelvis' yang rendah atau normal, parameter morfologis yang menggabungkan kemiringan sakral dan kemiringan panggul. Dalam sebuah studi oleh Endo, *et al.* (2010), pasien dengan herniasi diskus menunjukkan sakrum lebih vertikal daripada kelompok kontrol (Habibi, *et al.*, 2014; Rajnics, *et al.*, 2002; Barrey, *et al.*, 2007; Endo, *et al.*, 2010).

Sudut *global lumbosacral* adalah gabungan dari ketajaman sakral dan lordosis lumbal, dimana terdapat hubungan yang signifikan secara

statistik dengan patologi diskus degeneratif lumbar pada penelitian yang dilakukan oleh Habibi, *et al.*, (2016). Dimana pada penelitian ini ditemukan bahwa lordosis lumbar lebih rendah pada subjek dengan nyeri punggung bawah dan degenerasi/herniasi diskus dibandingkan dengan mereka yang nyeri punggung bawah tanpa diskopati. Hal ini serupa dengan hasil penelitian dari beberapa peneliti yang lain yaitu, lordosis lumbar secara signifikan lebih rendah pada pasien dengan herniasi diskus atau *degenerative disc disease* (Barrey, *et al.*, 2007). Endo, *et al.*, (2010) menunjukkan bahwa sudut lordotik antara margin atas L1 dan S1 lebih kecil pada pasien dengan DH, tetapi kembali ke tingkat yang hampir sama dengan kelompok kontrol enam bulan setelah perawatan bedah (Endo, *et al.*, 2010).

Telah dilaporkan bahwa lordosis lumbar dan kemiringan sakral berbeda pada individu dengan degenerasi diskus atau herniasi dan individu normal, sehingga penting untuk memahami apa yang menjadi predisposisi morfologi lumbosakral untuk degenerasi diskus intervertebralis dan menentukan derajat degenerasi ini untuk mendeteksi individu yang memiliki kecenderungan untuk menderita nyeri punggung bawah yang parah (Rajnic, *et al.*, 2002; Barrey, *et al.*, 2007).

Risiko terjadinya degenerasi dan herniasi diskus meningkat dengan meningkatnya sudut *sacral table* dan penurunan sudut *sacral kyphosis*. Sudut *sacral table* dan sudut *sacral kyphosis* adalah parameter yang dapat dengan mudah dinilai dalam urutan MRI rutin; parameter ini tidak

terpengaruh oleh postur pasien dan ditentukan secara genetik (Khodair *et al.*, 2014).

Pengukuran sudut lumbosakral dan *lumbar sagittal balance axis* dapat memberikan parameter yang baik dalam memprediksi risiko perubahan nyeri punggung bawah akut menjadi nyeri punggung bawah kronis, memprediksi kejadian nyeri punggung bawah kronis pada beberapa pekerja seperti penambang, tentara dan yang bekerja dalam posisi abnormal untuk waktu yang lama. Deskripsi keseimbangan sagital spinal fisiologis dan patologis menjadi dasar dalam evaluasi kondisi patologis yang terkait dengan nilai parameter sudut abnormal (Esmailiejah, *et al*, 2017).