

Penatalaksanaan Pemeriksaan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) Lumbal Dengan Kasus *Hernia Nukleus Pulposus*

Ameliya Widya Astuti

Akademik Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi (ATRO)

I Made Lana Prasetya

Akademik Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi (ATRO)

Tri Asih Budiarti

Akademik Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi (ATRO)

Korespondensi penulis : ameliawidya3103@gmail.com

ABSTRACT: *Magnetic Resonance Imaging (MRI) is the gold standard for diagnosing Hernia Nucleus Pulposus. Hernia of the Nucleus Pulposus (HNP) is a condition in which there is bulging of the nucleus pulposus. This study aims to determine the management of lumbar MRI examinations in cases of Nucleus Pulposus Hernia and the role of the Dixon sequence in cases of lumbar HNP. The Dixon sequence is an MRI method used for fat suppression and produces 4 contrasts in one scanning, including in phase, opposed phase, water and fat. The research method used is descriptive research with a case study approach. Data collection was carried out in January 2023 – February 2023 using a Philips 3 Tesla MRI aircraft. Subjects consisted of ten patients with clinical HNP. Data collection was carried out through observation, interviews and documentation. The research results were obtained according to theory using the sequence T1 SE/TSE sagittal, T2 SE/TSE axial, SE/TSE T1 axial, Short Inversion Recovery (STIR) while in the field using the sequence Survey, Myelo Radial, T2 Weighted Dixon Sagittal (T2 Fat Saturation Sagittal, T2 Sagittal), T1 Weighted TSE Sagittal, STIR TSE PSS Coronal, T1 Weighted TSE Axial, T2 Weighted TSE Axial.*

Keywords : *Magnetic Resonance Imaging, Herniated Nucleus Pulposus, Dixon*

ABSTRAK : *Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan gold standar untuk mendiagnosa Hernia Nukleus Pulposus. Hernia Nukleus Pulposus (HNP) ialah suatu kondisi di mana terjadinya penonjolan (bulging) nukleus pulposus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penatalaksanaan pemeriksaan MRI lumbal pada kasus Hernia Nukleus Pulposus dan peranan sekuen Dixon pada kasus lumbal HNP. Sekuen Dixon ialah metode MRI yang digunakan untuk penekanan lemak dan menghasilkan 4 kontras dalam satu scanning diantaranya *in phase, opposed phase*, air, dan lemak. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan studi kasus. Pengambilan data dilakukan pada bulan Januari 2023 – Februari 2023 menggunakan pesawat MRI Philips 3 Tesla. Subyek terdiri dari sepuluh pasien dengan klinis HNP. Pengambilan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi. Hasil penelitian diperoleh menurut teori menggunakan sekuen T1 SE/TSE sagittal, T2 SE/TSE axial, SE/TSE T1 axial, Short Inversion Recovery (STIR) sedangkan dilapangan menggunakan sekuen Survey, Myelo Radial, T2 Weighted Dixon Sagital (T2 Fat Saturation Sagital, T2 Sagital), T1 Weighted TSE Sagital, STIR TSE PSS Coronal, T1 Weighted TSE Axial, T2 Weighted TSE Axial.*

Kata Kunci : *Pencitraan Resonansi Magnetik, Herniasi Nukleus Pulposus, Dixon*

PENDAHULUAN

Vertebra juga disebut tulang belakang atau tulang punggung. Membentuk sekitar dua perlima dari total tinggi tubuh dan terdiri dari serangkaian tulang yang disebut *vertebrae*. Tulang *vertebrae* tersusun dari *cervical, thoracal, lumbal, sacrum* dan *coccyx*. (Tortora dan Nielson, 2017). *Vertebrae lumbal* bagian tulang *vertebrae* yang terbesar dan terkuat karena beban badan meningkat ke arah ujung dalam kolom. Karenanya, *vertebrae lumbal* adalah

Received September 21, 2023; Revised Oktober 13, 2023; Accepted November 27, 2023

* Ameliya Widya Astuti, ameliawidya3103@gmail.com

tempat yang umum mengalami cedera dan patologis.(Lampignano & Kendrick, 2018). Salah satu kelainan lumbal adalah *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP). (Suyasa, 2018)

Hernia Nukleus Pulposus merupakan suatu keadaan dimana bagian *nukleus pulposus* yang terbuat dari material yang berbentuk gel dalam *spinal cord* keluar dari *anulus fibrosus* atau bagian yang melindunginya, kondisi ini menyebabkan adanya penonjolan kedalam kanalis *spinalis* sehingga menyebabkan nyeri menjalar ke tungkai bawah yang di timbulkan oleh karena penekanan pada saraf *spinalis*. (Hatlah, 2021)

Pendeteksian HNP menurut (Syazani, 2017) bisa dilakukan dengan menggunakan radiologi konvensional, myelografi/ menggunakan media kontras, CT scan, dan MRI. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) merupakan gold standar untuk mendiagnosa HNP karena gelombang magnetic dapat mengidentifikasi lokasi terjadinya HNP, serta menentukan saraf yang mengalami penjepitan. (Syazani, 2017) MRI lebih efektif dibandingkan dengan CT scan dalam membedakan etiologi inflamasi, keganasan, atau inflamasi *Hernia Nukleus Pulposus* (Harmawan et al., 2022)

Pemeriksaan MRI *lumbal* rutin menggunakan sekuen T1 SE/TSE sagittal, T2 SE/TSE axial, SE/TSE T1 axial, Short Inversion Recovery (STIR).(Westbrook, 2014). Menurut (Fisnandya Meita Astari et al., 2018) pemeriksaan MRI *lumbal* sering terdapat gambaran lemak yang tampak *hyperintense* yang dapat mengganggu gambaran patologi dari *lumbal*, sehingga perlu dilakukan teknik *fat suppression* dalam mensupresi lemak. Beberapa teknik tersebut diantaranya adalah *fat saturation*, *Short Tau Inversion Recovery* (STIR), *Spatial Inversion Recovery* (SPIR) dan Teknik Dixon.

Berdasarkan hasil pengamatan penulis salah satu Rumah sakit daerah Jakarta, pemeriksaan MRI *lumbal* dengan klinis *Hernia Nukleus Pulposus* menggunakan sekuen Survey, Myelo Radial, T2 Weighted Dixon Sagital (T2 Fat Saturation Sagital, T2 Sagital), T1 Weighted TSE Sagital, STIR TSE PSS Coronal, T1 Weighted TSE Axial, T2 Weighted TSE Axial. Dalam hal ini terdapat perbedaan yaitu sekuen Dixon. Sekuen Dixon adalah metode penekan lemak yang kuat yang juga dapat digunakan dengan agen kontras intravena. Dixon berfungsi untuk mengukur jumlah lemak dalam lesi tulang, memungkinkan diskriminasi antara lesi infiltrasi sumsum dan non-infiltrasi sumsum seperti hiperplasia sumsum nodular fokal. Dixon dapat digunakan dengan teknik gema gradien dan gema spin, baik pencitraan 2D atau 3D. Keuntungan lainnya adalah waktu akuisisi yang cepat, terutama bila menggunakan rangkaian gema gradien dixon dua titik tradisional. (van Vucht et al., 2019). Teknik ini lebih kuat mensupresikan lemak dibandingkan dengan teknik chemical shift selective (CHESS),

menghasilkan rasio signal-to-noise yang lebih tinggi. Oleh karena itu, metode Dixon cocok untuk untuk pencitraan tulang belakang atau pencitraan ekstremitas. (Omoumi, 2022)

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik mengkaji lebih dalam dan mengangkat hal tersebut menjadi naskah yang berjudul “Penatalaksanaan Pemeriksaan *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) Lumbal Dengan Kasus *Hernia Nukleus Pulposus*”.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan studi kasus. Pengambilan data dilakukan pada bulan Januari 2023 – Februari 2023 menggunakan pesawat MRI 3 Tesla Philips Ingenia berkekuatan 3 Tesla. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah 10 orang pasien dengan keluhan pada *lumbal* dengan klinis *Hernia Nukleus Pulposus*.

Pengambilan data dilakukan melalui observasi, wawancara dengan dokter radiologi dan radiografer serta dokumentasi pelaksanaan MRI *lumbal* dengan klinis *Hernia Nukleus Pulposus*. Analisa data dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang mendukung penelitian ini dengan cara observasi, dokumentasi, dan wawancara selanjutnya diambil kesimpulan dan saran.

HASIL

1. Prosedur pemeriksaan MRI lumbal pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* adalah sebagai berikut :

- 1) Identitas Pasien

- 2) Riwayat Pasien

Pasien datang dari poli syaraf ke Instalasi radiologi Rumah Sakit untuk melakukan pemeriksaan MRI *lumbal*.

- 3) Informed Consent dan Anamnesis

Informed consent merupakan lembar persetujuan tindakan kedokteran yang bertujuan memberikan informasi mengenai prosedur dan/atau pengobatan yang direncanakan, risiko tindakan, manfaat tindakan, prognosis penyakit, dan alternatif terapi lain. Setelah itu, dilakukan anamnesis terhadap pasien untuk mengetahui jikalau ada riwayat atau pernah tidaknya pasien di MRI sebelumnya.

- 4) Penatalaksanaan Pemeriksaan MRI lumbal

Penatalaksanaan pemeriksaan MRI lumbal disalah satu Rumah Sakit Jakarta melalui beberapa prosedur, antara lain meliputi :

a. Penjadwalan Pemeriksaan

Pasien datang dari poli syaraf menuju radiologi dengan membawa surat pengantar dan hasil lab untuk dilakukannya penjadwalan pemeriksaan MRI lumbal.

b. Pendaftaran Pasien

Pada hari yang dijadwalkan pemeriksaan, pasien datang menuju Instalasi Radiologi dengan mendaftar di loket pendaftaran radiologi untuk menginput data terlebih dahulu.

c. Persiapan Pemeriksaan

a) Persiapan Pasien

Pemeriksaan MRI *lumbal* di Rumah Sakit daerah Jakarta tidak terdapat persiapan khusus karena tidak menggunakan media kontras. hanya saja mengganti baju pasien dan masker yang sudah disediakan jika diperlukan. Radiografer memberikan penjelasan mengenai prosedur pemeriksaan dan melakukan asesmen pada pasien/ keluarga yang mewakilkan untuk mengisi form yang sudah disediakan untuk *screening* demi menjaga keamanan dan kelancaran pemeriksaan MRI. Pasien diminta untuk melepaskan benda-benda logam yang dapat mempengaruhi hasil gambaran MRI, seperti pakaian (bra/resleting), perhiasan, jam tangan, handphone, kartu ATM, uang logam, alat bantu dengar, gigi palsu.

b) Persiapan Alat dan Bahan

i. Pesawat MRI 3 Tesla Philips Ingenia



Gambar 1. Pesawat MRI Philips 3 Tesla

ii. Printer Film Radiologi



Gambar 2. Printer Fujifilm DryPix

iii. Computer Console



Gambar 3. Computer Console

iv. Phased Spinal Coil (sudah terpasang pada meja pemeriksaan)

v. Headphone



Gambar 4. Headphone

vi. Emergency Buzzer



Gambar 5 Emergency buzzer Perlengkapan imobilisasi seperti strap, soft bag, atau bantalan busa

vii. Baju Pasien



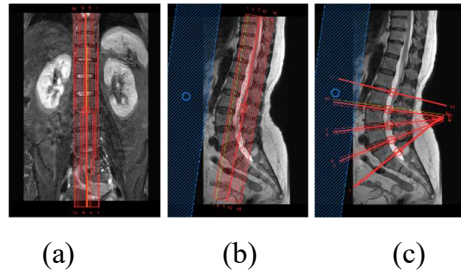
Gambar 6. Baju Pasien

c) Teknik Pemeriksaan

1. Posisi Pasien
2. Pasien tidur berbaring diatas meja pasien pemeriksaan dengan posisi *head first*, kedua tangan diletakkan disamping tubuh, dan lutut diganjal dengan pengganjal lutut. Posisikan pasien berada ditengah meja pemeriksaan. Memasangkan headphone dan memberikan *emergency buzzer*. Mengatur ketinggian meja pemeriksaan dan mengaktifkan sinar laser kemudian menempatkan central point pada 2,5 cm diatas *crista iliaca* atau setinggi L3/L4. Kemudian *central point* dikunci dengan menekan tombol “landmark”. Memasukkan pasien ke dalam Bone Magnet dengan menekan tombol “*Advance to scan*”
3. Registrasi Pasien
4. Instalasi Radiologi daerah Jakarta telah terhubung menggunakan PACS, sehingga data pasien akan terisi otomatis, kemudian radiografer menambahkan data berat badan pasien dan selanjutnya memilih protokol pemeriksaan MRI *lumbal*.
5. Protokol Screening dan Parameter

a. Survey

Berdasarkan hasil observasi, pemeriksaan MRI lumbal di Instalasi Radiologi Jakarta hasil *scanning* survey menghasilkan potongan sagittal, coronal, dan axial yang digunakan untuk mengatur potongan sekuen berikutnya.



**Gambar 7. (a) Localizer sagittal, (b) Localizer coronal,
(c) Localizer axial**

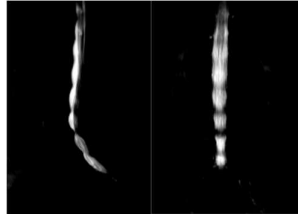
b. Myelo Radial

Menggunakan potongan survey sagittal, survey coronal, dan survey axial sebagai plot potongan myelografi. Pengambilan citra sekuen myelo dilakukan dengan mengatur slice parallel mengikuti arah *medulla spinalis*.

Pada plane sagittal, atur scano myelo dengan batas atas *thoracal* 12 dan batas bawah S3/jika ada trauma diatur sampai S5.

Tabel 1. Parameter Myelo Radial

Parameter	Nilai
TR	4559 ms
TE	80 ms
Slice Thickness	3 mm
Slice Number	15
SNR	1.0
FOV	230 mm x 349 mm x 53 mm
Scan Time	00:48
Matrix	232 x 258

**Gambar 8. Potongan Myelo Radial**

c. T2 W_mDixon Sagital

Pada sekuen T2 W Dixon Sag ini diperoleh hasil citra dari 2 sekuen, yaitu T2 W Sagital dan T2 Fat Sat Sagital. Pengambilan citra sekuen ini dengan mengatur slice parallel mengikuti arah *discus intervertebralis*, batas atas yang dipakai *thoracal 12* dan batas bawah *coccygeus* masuk ke dalam area *scanning*.

Tabel 2. Parameter T2 W_mDixon Sagital

Parameter	Nilai
TR	3586 ms
TE	80 ms
Slice Thickness	3 mm
Slice Number	14
FOV	160 mm x 351 mm x 48 mm
Scan Time	03:28
Matrix	180 x 255



(a) (b)

Gambar 9. (a) Potongan T2 W Sagital, (b) Potongan T2 Fat Sat Sagital

d. T1W_TSE Sagital

Pengambilan citra sekuen T1 W TSE Sag dilakukan dengan *propagate* sekuen T2 W Dixon Sag sehingga tidak perlu mengatur slice kembali.



Gambar 10. Potongan T1W_TSE Sagital

e. STIR_TSE_PSS Coronal

Pengambilan citra sekuen STIR TSE PSS Cor dilakukan dengan menggunakan potongan T2 W Dixon Sag dan potongan survey axial. Mengatur plot potongan coronal tepat pada pertengahan *corpus vertebrae* dan kemiringan potongan sesuai dengan *corpus*. Batas atas *thoracal* 12 dan batas bawah *coccygeus* tercakup dalam area *scanning*.

Tabel 3. Tabel Parameter STIR_TSE_PSS Coronal

Parameter	Nilai
TR	4559 ms
TE	80 ms
Slice Thickness	3 mm
Slice Number	15
FOV	230 mm x 349 mm x 53 mm
SNR	1.0
Scan Time	03.53
Matrix	232 x 258



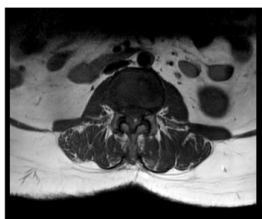
Gambar 11. Potongan STIR_TSE_PSS Coronal

f. T1 Weighted TSE Axial

Pengambilan citra sekuen STIR TSE PSS Cor dilakukan dengan menggunakan potongan T2 W Dixon Sag dan STIR TSE PSS Cor sebagai plot axial. Mengatur 3 slice *transversal* menyudut *parallel* mengikuti arah *discus intervertebralis*. Memastikan batas atas *vertebrae thoracal* 12 dan batas bawah sacrum masuk ke dalam area *scanning*.

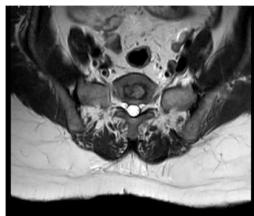
Tabel 4. Tabel Parameter T1 Weighted TSE Axial

Parameter	Nilai
TR	708 ms
TE	24 ms
Slice Thickness	4 mm
Slice Number	15
SNR	1.47
FOV	220 mm x 201 mm x 17 mm
SNR	1.47
Scan Time	02.07
Matrix	276 x 182

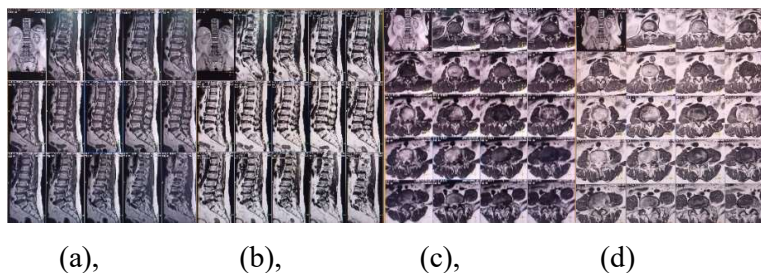
**Gambar 12. Potongan T1 Weighted TSE Axial**

g. T2 Weighted TSE Axial

Pengambilan citra sekuen T2 W TSE Axial dilakukan dengan propagate sekuen T1 W TSE Axial sehingga tidak perlu mengatur parameter kembali.

**Gambar 13. Potongan T2 Weighted TSE Axial**

2. Filming



Gambar 14. (a) T1W TSE Sagital, (b) T2 Fat Sat Sagital, (c) T1W TSE Axial, (d) T2W TSE Axial

PEMBAHASAN

1. Bagaimana prosedur pemeriksaan MRI Lumbal pada kasus Hernia Nukleus Pulposus ?

Berdasarkan hasil pengamatan penulis, pemeriksaan MRI Lumbal pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* di Instalasi Radiologi Rumah Sakit daerah Jakarta sudah sesuai dengan teori (Westbrook, 2014). Hanya saja ada sedikit penambahan sekuen pada MRI Lumbal dengan HNP yang dilakukan di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Jakarta. Sekuen yang digunakan pada pemeriksaan MRI Lumbal di Rumah sakit Jakarta adalah survey, myelo radial, T2 W mDixon Sagital, T1 W TSE Sagital, STIR TSE PSS, T1W TSE Axial, T2W TSE Axial. Pada saat survey dilakukan maka diperoleh 3 potongan gambar yaitu sagittal, coronal, dan axial yang kemudian dijadikan patokan dalam pengaturan sekuen berikutnya. Sekuen berikutnya adalah Myelo Radial, sekuen ini digunakan untuk menekan semua jaringan memvisualisasikan CSF. Selanjutnya T2 W mDixon Sagital. Sekuen ini menghasilkan 2 gambaran yaitu T2 Fat Saturation Sagital, dan T2 sagital. Teknik ini sangat optimal pada pemeriksaan MRI lumbal, karena dapat menekan lemak dengan sempurna, sehingga kualitas citra baik dengan SNR yang tinggi dapat mengurangi motion artefak, dan dapat menghasilkan citra fat, water, in phase dan out phase dalam satu akuisisi. STIR TSE PSS Coronal digunakan untuk memberikan gambaran patologi yang ada pada obyek. T1W TSE Axial untuk menggambarkan gambaran anatomi pada obyek yang diperiksa.. Kemudian pada T2W TSE Axial digunakan untuk memperoleh keadaan patologi kelainan pada objek seperti halnya pada *Hernia Nukleus Pulposus*.

2. Mengapa pada pemeriksaan MRI lumbal pada kasus Hernia Nukleus Pulposus di Instalasi Radiologi Rumah Sakit daerah Jakarta menggunakan teknik Dixon?

Berdasarkan hasil wawancara yang didapatkan, dari radiografer a menyebutkan bahwa “Dixon memiliki kelebihan diantaranya bisa membuat gambaran water image/fat image dalam 1 akuisisi gambar, hasil radiograf yang didapat bisa lebih akurat”, radiografer b menyatakan “ Hasil radiograf sedikit lebih sensitif, memang waktunya agak lama sedikit tapi bisa menghasilkan gambaran 2/3 gambaran lebih banyak dalam 1 sekuen, supresi lemak lebih bagus.” Dan radiografer c menyebutkan bahwa “Dixon itu memiliki kemampuan membuat gambaran 4 sekaligus dalam 1 waktu, Dixon ini mensupresi water ,lemak. Jadi, pada Dixon itu sekuen T2 dapat, T2 fat sat nya juga dapat tanpa kita jalanin sekuen T2 Fat Sat.” Jadi, alasan mengapa pada pemeriksian MRI lumbal pada kasus HNP di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Jakarta menggunakan teknik Dixon karena penggunaan

Dixon memiliki kelebihan yaitu menghasilkan gambaran lebih banyak dalam 1 sekuen dan juga menghemat waktu dalam pemeriksaan terlebih lagi, pada MRI membutuhkan waktu yang cukup lama untuk 1 pemeriksaan sehingga dengan sekuen T2 dixon ini artefak yang dihasilkan juga sedikit terminimalisir.

KESIMPULAN

Prosedur pemeriksaan MRI *Lumbal* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Jakarta tidak memiliki persiapan khusus hanya saja mengganti baju pasien dan masker yang sudah disediakan. Radiografer memberikan penjelasan terkait prosedur pemeriksaan dan melakukan asesmen pada pasien/ keluarga yang mewakili untuk mengisi form yang sudah disediakan untuk screening. Sekuen yang digunakan menggunakan Survey, Myelo Radial, T2 Weighted Dixon Sagital (T2 Fat Saturation Sagital, T2 Sagital), T1 Weighted TSE Sagital, STIR TSE PSS Coronal, T1 Weighted TSE Axial, T2 Weighted TSE Axial.

Penggunaan sekuen T2W mDixon Sagital sangat optimal digunakan pada pemeriksaan MRI lumbal, karena dapat menekan lemak dengan sempurna, sehingga kualitas citra baik dengan SNR yang tinggi dapat mengurangi motion artefak, dan dapat menghasilkan citra fat, water, in phase dan out phase dalam satu akuisisi. Sekuen yang ada di Instalasi Radiologi Rumah Sakit daerah Jakarta tersebut dapat menampakkan anatomi dan patologi dengan sangat baik.

SARAN

Sebaiknya sebelum melakukan pemeriksaan MRI, pasien diharapkan untuk ke toilet terlebih dahulu agar pasien dapat merasa nyaman selama pemeriksaan, karena waktu pengerjaan pemeriksaan MRI yang relatif lama, dan memeriksa kembali terkait persiapan pasien (logam) yang dapat membahayakan/mengganggu kelancaran pemeriksaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Fisnandya Meita Astari, Rasyid, & Fatimah. (2018). Perbedaan Informasi Citra Diagnostik Antara Sekuen T2 Tse Stir Dan T2 Tse Dixon Pada Pemeriksaan Mri Lumbal Potongan Sagital Dengan Kasus Radiculopathy. *JRI (Jurnal Radiografer Indonesia)*, 1(1), 52–60. <https://doi.org/10.55451/jri.v1i1.12>
- Hatlah, N. nazliyah. (2021). *Faktor Yang Mempengaruhi Terjadinya Hernia Nukleus Pulposus (Hnp): Narrative Review*. 1–12. [http://digilib.unisayogya.ac.id/5765/1/Naskah Publikasi NUR NAZLIYAH HATLAH 1710301140 - Nazliyah Hatlah %282%29.pdf](http://digilib.unisayogya.ac.id/5765/1/Naskah%20Publikasi%20NUR%20NAZLIYAH%20HATLAH%201710301140%20-%20Nazliyah%20Hatlah%20%282%29.pdf)
- Lampignano, J. P., & Kendrick, leslie e. (2018). *Radiographic Positioning and Related Anatomy*.
- Omoumi, P. (2022). The Dixon method in musculoskeletal MRI: from fat-sensitive to fat-specific imaging. *Skeletal Radiology*, 51(7), 1365–1369. <https://doi.org/10.1007/s00256-021-03950-1>
- Suyasa, I. K. (2018). Degenerasi Lumbal Diagnosis dan Tata Laksana. *Udayana University Press*, 1–286. https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_penelitian_1_dir/df53e72e277c90e39b521d2485c10057.pdf
- Syazani, H. (2017). Karakteristik MRI pada Pasien Hernia Nukleus Pulposus di RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Periode Januari-Juni 2017. *Universitas Hasanuddin*, 130.
- van Vucht, N., Santiago, R., Lottmann, B., Pressney, I., Harder, D., Sheikh, A., & Saifuddin, A. (2019). The Dixon technique for MRI of the bone marrow. *Skeletal Radiology*, 48(12), 1861–1874. <https://doi.org/10.1007/s00256-019-03271-4>
- Westbrook, C. (2014). *Handbook of MRI Technique* (L. John Wiley & Sons (ed.); Fourth). <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>