

PERBEDAAN KUALITAS CITRA MRI LUMBAL SEKUEN T2 TSE FAT SATURATION WEAK DAN STRONG PADA KASUS HNP

Alan Samudra^{1*}, Hernastiti Sedya Utami², Lutfatul Fitriana³, Fani Gimnastiar⁴, Dea Zalfa Cahyla Adi⁵, Muhamad Andin Dwi Pranata⁶

^{1,2,3,4}Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan D4, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

⁵Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan D4, Fakultas Vokasi, Universitas Airlangga

⁶Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan D4, Poltekkes Kemenkes Semarang

Email: alansamudraa7@gmail.com¹, hernastitisedyautami@ump.ac.id^{2*}, lutfatulfitriana@ump.ac.id³, fanigimnas7@gmail.com⁴, deazalfacahylaadi@gmail.com⁵, muhamadandin4@gmail.com⁶

Abstract

Fat Saturation has two modes, namely weak mode and strong mode. This study aims to identify the difference in image quality between T2 TSE Fat Saturation weak mode and strong mode in lumbar MRI for cases of Herniated Nucleus Pulposus (HNP). Data collection was conducted from October to November 2024 at the Radiology Department of SMC Telogorejo Hospital using a Siemens 1.5T MRI scanner. A total of ten patient images were analyzed by calculating the Signal to Noise Ratio (SNR) values in the anatomical structures of the bone marrow, intervertebral disc, CSF, and spinal cord using Radian DICOM Viewer. Statistical analysis was performed using SPSS. The Wilcoxon test showed a significant difference only in the bone marrow anatomy ($p < 0.05$). No significant differences were found in the intervertebral disc, CSF, or spinal cord ($p > 0.05$). The Weak Mode also provided a faster scanning time, making it more recommended for lumbar MRI examinations in HNP cases, especially since its image quality is nearly equivalent to Strong Mode for most anatomical structures. This study indicates that there was no significant difference in the intervertebral disc anatomy, which is the primary location of HNP. Therefore, Weak Mode is more recommended as it offers greater patient comfort through shorter examination time.

Keyword: Lumbar MRI, Fat Saturation, Herniated Nucleus Pulposus.

Abstrak

Fat Saturation memiliki dua mode, yaitu mode weak dan mode strong. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kualitas citra T2 TSE Fat Saturation mode weak dan mode strong pada MRI lumbal untuk kasus Hernia Nukleus Pulposus (HNP). Pengumpulan data dilakukan pada Oktober–November 2024 di Departemen Radiologi RS SMC Telogorejo menggunakan MRI Siemens 1.5T. Sebanyak sepuluh citra pasien dianalisis dengan menghitung nilai SNR (Signal to Noise Ratio) pada anatomi bone marrow, diskus intervertebralis, CSF, dan spinal cord menggunakan Radian DICOM Viewer. Analisis statistik dilakukan menggunakan SPSS. Uji Wilcoxon menunjukkan perbedaan signifikan hanya pada anatomi bone marrow ($P < 0,05$). Tidak ditemukan perbedaan signifikan pada diskus intervertebralis, CSF, maupun spinal cord ($P > 0,05$). Mode Weak juga memberikan waktu pemindaian lebih cepat, sehingga lebih direkomendasikan untuk pemeriksaan MRI lumbal pada kasus HNP, terutama karena kualitas citranya hampir setara dengan Mode Strong untuk sebagian besar struktur anatomi. Penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan pada anatomi Diskus Intervertebralis, lokasi utama HNP. Oleh karena itu, Mode Weak lebih direkomendasikan karena memberikan kenyamanan pasien melalui waktu pemeriksaan yang lebih singkat.

Kata Kunci: MRI Lumbal, Fat Saturation, Hernia Nukleus Pulposus

1. Pendahuluan

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan modalitas pencitraan utama dalam evaluasi dan karakterisasi patologi tulang belakang lumbal (1). Indikasi klinis yang biasanya terjadi pada tulang belakang lumbal meliputi radikulopati, mieloradikulopati, spondilitis TB, dan Hernia Nukleus Pulposus (HNP) (2).

HNP merupakan gangguan pada diskus intervertebralis, dimana gangguan ini menyebabkan annulus fibrosus robek dan nukleus pulposus keluar melalui robekan tersebut, yang kemudian menekan saraf di sekitarnya dan menyebabkan kelemahan otot, gangguan sensorik, dan nyeri (3). Penyakit ini merupakan salah satu penyebab paling umum dari nyeri akar saraf, terutama pada mereka yang mengalami nyeri pinggang. Prevalensi HNP di Finlandia dan Italia diperkirakan antara 1 hingga 3 persen, sementara di Amerika Serikat, prevalensinya lebih rendah, yakni 1-2%. Namun, HNP dapat ditemukan di banyak negara, baik Negara industri maupun negara berkembang, dengan angka kejadian mencapai 15–25% dari populasi global. Penyakit ini umumnya terjadi pada orang dewasa berusia 30 hingga 50 tahun, dengan puncaknya pada usia 40 hingga 45 tahun. Rasio kejadian antara pria dan wanita adalah 2:1, meskipun keluhan nyeri pinggang yang menjalar hingga kaki lebih sering dilaporkan oleh pria (4). MRI sangat sensitif dalam mendeteksi HNP, dengan tingkat akurasi mencapai 97% (5).

Dalam pemeriksaan MRI lumbal, teknik *Fat Suppression* merupakan bagian penting dari evaluasi untuk meningkatkan pembedaan antara jaringan sekitar dan lemak (6). Terdapat beberapa teknik *Fat Suppression*, diantaranya adalah *Fat Saturation*, *Short Tau Inversion Recovery* (STIR), *Spectral Presaturation Inversion Recovery* (SPIR), dan *Dixon Technique* (7). *Fat Saturation* termasuk dalam kelompok *chemical shift* dalam teknik *Fat Suppression* (8). Teknik ini dapat diterapkan dalam dua mode, yaitu mode *strong* dan mode lemah *weak*. Pada mode *strong*, sinyal lemak hampir sepenuhnya ditekan, sedangkan pada mode *weak*, sinyal lemak hanya ditekan sebagian guna mempertahankan informasi anatomi jaringan lemak (9). *Fat Saturation* dalam kasus HNP digunakan untuk menekan sinyal lemak agar meningkatkan kontras gambar dan membantu menonjolkan struktur yang lebih penting, seperti jaringan saraf atau diskus intervertebralis yang herniasi (10).

Hal ini sangat penting dalam visualisasi kelainan atau patologi di area yang kaya akan lemak, serta dalam mengurangi artefak yang dapat mengganggu kualitas gambar (11). Parameter yang memengaruhi kualitas citra MRI adalah SNR (*Signal to Noise Ratio*), CNR (*Contrast to Noise Ratio*), resolusi spasial, dan waktu pemindaian. SNR (*Signal to Noise Ratio*) adalah rasio antara amplitudo sinyal yang diterima terhadap rata-rata amplitudo derau (*noise*) latar belakang. Nilai SNR sangat bergantung pada sinyal yang diperoleh dari organ; semakin tinggi nilai sinyal pada organ yang dinilai, maka nilai SNR juga akan semakin tinggi. Kualitas citra yang baik ditandai dengan nilai SNR yang tinggi (12).

SNR menjadi parameter utama dalam mengukur kualitas gambar, karena dengan SNR yang baik akan memudahkan pengamat dalam membedakan struktur-struktur yang berbeda dalam suatu citra (13). *Fat Saturation* merupakan bagian dari *Fat Supression*, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa teknik *Fat Suppression* dapat menghilangkan sinyal lemak tanpa mempengaruhi sinyal air, sehingga mampu meningkatkan kontras jaringan dan visibilitas lesi (14). Dengan adanya dua mode *Fat Saturation* yang tersedia yaitu Mode *Weak* dan Mode *Strong*, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kualitas antara kedua mode *Fat Saturation* tersebut sehingga dapat diketahui mode mana yang paling direkomendasikan pada pemeriksaan MRI lumbal kasus HNP.

2. Metode

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif komparatif, yang bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kualitas citra pada pemeriksaan MRI lumbal menggunakan sekuen T2 TSE *Fat Saturation* mode *weak* dan T2 TSE *Fat Saturation* mode *strong* pada pasien dengan kasus HNP.

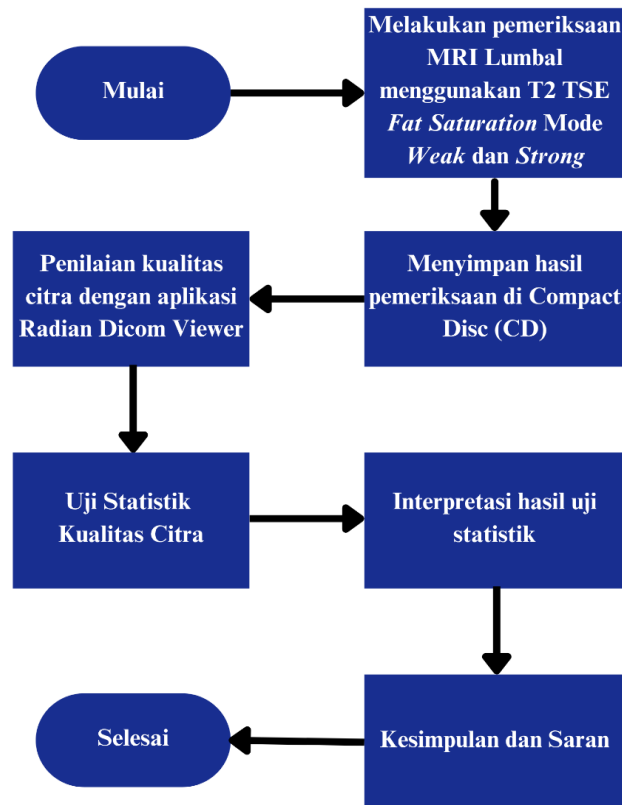
Pengambilan data dilakukan pada periode Oktober 2024 hingga November 2024 di Instalasi Radiologi SMC, Rumah Sakit Telogorejo, Semarang, dengan menggunakan pesawat MRI Siemens 1,5 Tesla. Sampel penelitian terdiri dari sepuluh pasien yang telah menjalani pemeriksaan MRI lumbal dengan kedua mode tersebut, yaitu mode *weak* dan mode *strong* pada kasus HNP. Pemilihan citra pasien dilakukan secara *simple random sampling*, sehingga setiap pasien MRI lumbal kasus HNP memiliki kesempatan yang sama untuk dipilih sebagai sampel penelitian.

Parameter pemeriksaan MRI yang digunakan pada setiap pasien dapat dilihat secara rinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Pemeriksaan MRI Lumbal		
Parameter	T2 TSE Fat Saturation Mode Weak	T2 TSE Fat Saturation Mode Strong
TR (ms)	4500	4500
TE (ms)	82.0	82.0
Slice Thickness	4.0	4.0
ETL	17	17
NEX (mm)	2	2
Flip Angle	150	150
Jumlah slice	15	15
Aktivasi	Mencentang aktifvasi Mode Weak	Mencentang aktifvasi Mode Strong

Catatan: TR: *Time Repetition*; TE: *Time Echo*; ETL: *Echo Train Length*; FOV: *Field of View*; NEX: *Number Of Excitation*

Penilaian kualitas citra pada penelitian ini dilakukan dengan menghitung nilai SNR pada citra anatomi *bone marrow*, diskus intervertebralis, *cerebrospinal fluid* (CSF), dan *spinal cord* menggunakan *software* Radian DICOM Viewer. Nilai sinyal diperoleh dengan menempatkan *Region of Interest* (ROI) pada masing-masing anatomi tersebut. Sedangkan untuk nilai *noise*, pengukuran dilakukan pada area *background* dengan mengambil rata-rata dari empat titik yang berada pada area bebas dari objek anatomi, sehingga nilai yang diperoleh dapat mewakili tingkat *noise* yang sebenarnya pada citra. Luas ROI yang digunakan pada setiap pengukuran ditetapkan sebesar 0,02 mm². Selanjutnya, pengujian statistik dilakukan menggunakan aplikasi SPSS. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kualitas citra pada pemeriksaan MRI Lumbal untuk kasus HNP dengan menggunakan sekuen T2 TSE *Fat Saturation* dalam dua mode yang berbeda, yaitu mode *weak* dan mode *strong*.

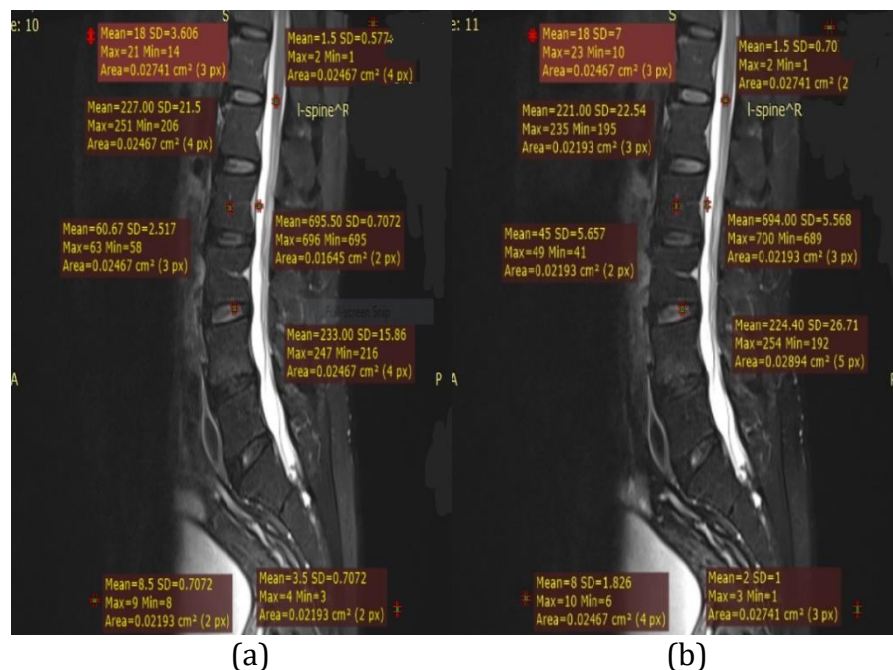
Penelitian ini melibatkan sepuluh sampel citra dari pasien yang telah menjalani pemeriksaan MRI, terdiri atas tiga pasien laki-laki dan tujuh pasien perempuan, dengan rata-rata usia $52,6 \pm 14,5$ tahun dengan tabel distribusi frekuensi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Frekuensi Usia dan Jenis kelamin (n=10)

Karakteristik Sampel	Frekuensi (n)	Presentase (%)
Usia		
Dewasa	7	70
Lansia	3	30
Jumlah	10	100
Jenis Kelamin		
Laki-laki	3	30
Perempuan	7	70
Jumlah	10	100

Setiap pasien diperiksa menggunakan kedua mode tersebut (*weak* dan *strong*), sehingga memungkinkan adanya perbandingan langsung terhadap kualitas citra yang dihasilkan dari masing-masing mode pada individu yang sama. Evaluasi kualitas citra dilakukan berdasarkan hasil SNR dari penempatan ROI pada hasil citra. Penempatan ROI dilakukan pada struktur anatomi yang relevan untuk penilaian MRI lumbal dengan kasus HNP yaitu *bone marrow*, diskus intervertebralis, CSF, dan *spinal cord* serta keempat titik *background* citra tersebut. Hasil citra

beserta penempatan ROI dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan hasil rata-rata nilai SNR yang didapatkan pada masing-masing anatomi dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 2. Hasil Citra dan Penempatan ROI (a) T2 TSE *Fat Saturation Mode Weak*, (b) T2 TSE *Fat Saturation Mode Strong*

Tabel 3. Hasil Rata-rata SNR Pada Masing-masing Anatomi

Anatomi	Rata-Rata Nilai SNR	
	T2 TSE <i>Fat Saturation Mode Weak</i>	T2 TSE <i>Fat Saturation Mode Strong</i>
<i>Bone marrow</i>	26,79	21,00
Diskus intervertebralis	39,59	35,57
CSF	163,12	160,93
<i>Spinal cord</i>	26,84	25,08

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil rata-rata nilai SNR pada pemeriksaan T2 TSE *Fat Saturation* menunjukkan bahwa mode *weak* memiliki SNR yang lebih tinggi pada seluruh struktur anatomi dibandingkan mode *strong*. Secara keseluruhan, data ini memperlihatkan bahwa mode *weak* menghasilkan SNR yang lebih unggul dibandingkan mode *strong* pada seluruh struktur anatomi. SNR yang lebih tinggi menandakan kualitas citra yang dihasilkan lebih baik, karena rasio sinyal terhadap *noise* lebih besar sehingga struktur anatomi tampak lebih jelas dan detail. Dengan demikian, mode *weak* dapat dikatakan memiliki kualitas citra yang relatif lebih baik dibandingkan mode *strong* pada pemeriksaan ini.

Data hasil penilaian kualitas citra dari kedua mode kemudian dianalisis secara statistik menggunakan uji Wilcoxon. Uji ini digunakan karena data bersifat berpasangan dan tidak berdistribusi normal. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kualitas citra yang dihasilkan oleh mode *weak* dibandingkan dengan mode *strong* pada sekuen T2 TSE *Fat Saturation*. Hasil uji statistik Wilcoxon untuk masing-masing anatomi dapat dilihat pada Tabel 3, yang menyajikan nilai signifikansi (*P-Value*) dari perbandingan kedua mode.

Tabel 4. Hasil Uji Statistik Wilcoxon Untuk Masing-Masing Anatomi

Anatomi	<i>P-Value</i>	Signifikansi
---------	----------------	--------------

<i>Bone marrow</i>	0,005	Terdapat Perbedaan Yang Signifikan
Diskus intervertebralis	0,068	Tidak Terdapat Perbedaan Yang Signifikan
CSF	0,092	Tidak Terdapat Perbedaan Yang Signifikan
<i>Spinal cord</i>	0,201	Tidak Terdapat Perbedaan Yang Signifikan

Tabel 4 menunjukkan bahwa pada anatomi *bone marrow*, hasil uji statistik *Wilcoxon* dihasilkan *P-Value* < 0,05, artinya terdapat perbedaan kualitas citra yang signifikan pada pemeriksaan MRI Lumbal menggunakan sekuen T2 TSE *Fat Saturation* mode *weak* dan mode *strong* pada kasus HNP. Hal tersebut terjadi karena sumsum tulang memiliki kandungan lemak yang signifikan (terutama sumsum tulang kuning) dan juga komponen seluler (sumsum tulang merah) yang mengandung air, namun proporsi keduanya bervariasi tergantung usia dan lokasi, sehingga untuk teknik yang berbeda, tentu akan menghasilkan efektifitas penekanan lemak yang berbeda pula (15).

Pada anatomi diskus intervertebralis, hasil uji statistik *Wilcoxon* menunjukkan *P-Value* > 0,05, yang berarti tidak terdapat perbedaan kualitas citra yang signifikan pada pemeriksaan MRI lumbal menggunakan sekuen T2 TSE *Fat Saturation* mode *weak* dan T2 TSE *Fat Saturation* mode *strong* pada kasus HNP. Hal tersebut dikarenakan Diskus Intervertebralis terdiri dari *annulus fibrosus* dan *nucleus pulposus*. Komponen keduanya terdiri dari air, *collagen* dan *proteoglycans* (PGs), dengan jumlah cairan dan PGs merupakan penyusun terbanyak nukleus pulposus (7). Karena komposisi terbanyak berupa air, maka ketika diaplikasikan teknik *Fat Saturation* tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Pada anatomi CSF, hasil uji statistik *Wilcoxon* menunjukkan *P-Value* > 0,05, yang berarti tidak terdapat perbedaan kualitas citra yang signifikan pada pemeriksaan MRI Lumbal menggunakan sekuen T2 TSE *Fat Saturation* mode *weak* dan T2 TSE *Fat Saturation* mode *strong* pada kasus HNP. Hal tersebut dikarenakan CSF adalah cairan jernih yang menyerupai plasma dan membasahi sistem saraf pusat (16). Oleh karena itu ketika diaplikasikan teknik *Fat Saturation* maka tidak terdapat perbedaan kualitas citra yang signifikan karena teknik tersebut digunakan untuk menekan lemak.

Pada anatomi *spinal cord*, hasil uji statistik *Wilcoxon* menunjukkan *P-Value* > 0,05, yang berarti tidak terdapat perbedaan kualitas citra yang signifikan pada pemeriksaan MRI lumbal menggunakan sekuen T2 TSE *Fat Saturation* mode *weak* dan T2 TSE *Fat Saturation* mode *strong* pada kasus HNP. Hal tersebut terjadi karena *spinal cord* terdiri atas substansi abu-abu (*gray matter*) dan substansi putih (*white matter*), yang pada penampang melintang tampak seperti substansi abu-abu berbentuk huruf H yang dikelilingi oleh substansi putih (17). Oleh karena *spinal cord* bukan tersusun atas lemak, maka ketika diaplikasikan teknik *Fat Saturation* maka tidak terdapat perbedaan kualitas citra yang signifikan.

Fat Saturation merupakan metode *chemical shift* yang selama akuisisi menggunakan frekuensi resonansi yang berbeda dari proton hidrogen lemak dan proton hidrogen air. Pulsa RF pendek yang disesuaikan dengan frekuensi resonansi lemak dan diterapkan segera sebelum dimulainya sekuen MRI. *Fat Saturation* dapat digunakan bersamaan dengan hampir semua sekuen. Pulsa *chemically selective* menyebabkan sinyal dari lemak menjadi nol sedangkan sinyal air tidak berpengaruh dikarenakan menyisakan sedikit waktu untuk pemulihan magnetisasi longitudinal lemak sehingga mengakibatkan penekanan sinyal dari jaringan lemak (18). Penggunaan sekuen *Fat Saturation* mempengaruhi pada gambaran pada anatomi tergantung

pada kandungan atau bahan yang terdapat pada anatomi. Pada pesawat MRI Siemens terdapat dua mode *Fat Saturation* yaitu mode *weak* dan mode *strong*. *Fat Saturation* mode *weak* memiliki waktu pemeriksaan yang lebih cepat dari *Fat Saturation* mode *strong*. Hal tersebut dikarenakan *Fat Saturation* mode *strong* penekanan hampir penuh tercapai, sedangkan dalam *Fat Saturation* mode *weak*, informasi anatomi jaringan lemak dipertahankan sebagian (9).

HNP terjadi ketika diskus intervertebralis, yang berfungsi sebagai bantalan lunak antar ruas tulang belakang, mengalami tekanan pada bagian posterior atau lateral, menyebabkan nukleus pulposus pecah dan menonjol melalui annulus fibrosus ke dalam kanalis spinalis. Hal ini menyebabkan rasa nyeri pada pinggang bagian bawah yang menjadi keluhan utama bagi penderita HNP (19). Penelitian ini menunjukkan bahwa pada anatomi Diskus Intervertebralis tidak terdapat perbedaan kualitas citra yang signifikan yang berarti baik T2 TSE *Fat Saturation* mode *weak* dan T2 TSE *Fat Saturation* mode *strong* memiliki kualitas citra yang hampir sama. Di sisi lain pemeriksaan dengan *Fat Saturation* mode *weak* lebih cepat daripada *Fat Saturation* mode *strong* sehingga *Fat Saturation* mode *weak* lebih disarankan pada pemeriksaan MRI Lumbal pada kasus HNP demi kenyamanan pasien selama pemeriksaan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan kualitas citra yang signifikan pada anatomi Diskus Intervertebralis yang merupakan tempat terjadinya HNP. Akan tetapi T2 TSE *Fat Saturation* mode *weak* lebih disarankan demi kenyamanan pasien karena waktu pemeriksaannya yang lebih cepat.

Selain teknik *Fat Saturation* yang digunakan dalam penelitian ini, terdapat berbagai jenis teknik *Fat Suppression* lainnya yang juga umum digunakan dalam pemeriksaan MRI, seperti *Short Tau Inversion Recovery* (STIR) dan *Dixon technique*. Masing-masing teknik tersebut memiliki prinsip kerja, keunggulan, serta kelemahan yang berbeda dalam menghilangkan sinyal lemak pada citra MRI. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya diharapkan tidak hanya membandingkan kualitas citra antara mode *weak* dan mode *strong* pada teknik *Fat Saturation*, tetapi juga melakukan perbandingan menyeluruh antar berbagai metode *Fat Suppression* tersebut. Hal ini penting untuk menentukan teknik yang paling optimal dalam menghasilkan kualitas citra terbaik, khususnya pada kasus HNP, sehingga dapat menunjang akurasi diagnosis dan pengambilan keputusan klinis secara lebih tepat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini. Selain itu penulis mengucapkan terima kasih kepada SMC RS Telogorejo Semarang yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

1. Liawrungrueang W, Park JB, Chalamjiak W, Sarasombath P, Riew KD. Artificial Intelligence-Assisted MRI Diagnosis in Lumbar Degenerative Disc Disease: A Systematic Review. *Glob Spine J*. 2024;
2. Astari FM, Rasyid, Fatimah. Perbedaan Informasi Citra Diagnostik Antara Sekuen T2 TSE STIR Dan T2 TSE Dixon Pada Pemeriksaan MRI Lumbal Potongan Sagital Dengan Kasus Radiculopathy. *J Radiogr Indones*. 2018;1(1):52-60.
3. Ikhsanawati A, Tiksnadi B, Soenggono A, Hidajat NN. Herniated Nucleus Pulposus in Dr. Hasan Sadikin General Hospital Bandung Indonesia. *Althea Med J*. 2015;2(2):179-85.
4. Nasution SLR, Ermi Girsang, Siti Aminah. a Comparative Study of Physiotherapy Outcomes Between Infrared-Tens Combination and Pnf Therapies in Nph Patients. *J Vocat Heal Stud*. 2025;8(3):191-9.
5. Pandoyo DA, Fajarini ES. Acceleration Factor GRAPPA terhadap Kualitas Citra MRI Sagittal T2 Lumbal pada Klinis Hernia Nucleus Pulposus. 2024;6(3):547-56.

6. Dalto V, Assad RL, Crema M, Louzada-Junior P, Nogueira-Barbosa M. MRI assessment of bone marrow oedema in the sacroiliac joints of patients with spondyloarthritis: is the SPAIR T2w technique comparable to STIR? *Eur Radiol.* 2017 Feb 6;27.
7. Agrilian MP, Tarigan A, W ME, Sari G. Penggunaan T2 STIR dan Fat Saturation pada Pemeriksaan MRI Lumbal Kasus Hernia Nucleus Pulposus (HNP). *J Imejng Diagnostik.* 2023;9(1):24–8.
8. Nuha M, Prasetya L, Dharmawan B. Perbedaan Informasi Citra Anatomi Pada Pemeriksaan Mri Lumbal T2wi Tse Fat Saturation Dan T2wi Tse Dixon Potongan Sagital Pada Klinis Hernia Nucleus Pulposus Di Rsup Prof Dr I Goesti Ngoerah Gde Ngoerah Denpasar. *J Ris RUMPUN ILMU Kedokt.* 2022 Oct 10;1:38–47.
9. Horger W, Kiefer B. Fat Suppression Techniques a Short Overview. 2011;57–8. Available from: www.siemens.com/magnetom-world
10. Brandão S, Seixas D, Ayres-Basto M, Castro S, Neto J, Martins C, et al. Comparing T1-weighted and T2-weighted three-point Dixon technique with conventional T1-weighted fat-saturation and short-tau inversion recovery (STIR) techniques for the study of the lumbar spine in a short-bore MRI machine. *Clin Radiol.* 2013 Nov;68(11):e617-23.
11. Guerini H, Omoumi P, Guichoux F, Vuillemin V, Morvan G, Zins M, et al. Fat Suppression with Dixon Techniques in Musculoskeletal Magnetic Resonance Imaging: A Pictorial Review. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2015 Sep;19(4):335–47.
12. Ugwuanyi DC, Sibeudu TF, Irole CP, Ogolodom MP, Nwagbara CT, Ibekwe AM, et al. Evaluation of common findings in brain computerized tomography (CT) scan: A single center study. *AIMS Neurosci.* 2020;7(3):311–8.
13. Pramana K, Jeniyanthi N, Dharmawan I. Pengaruh Penggunaan Parameter Number Scan Average Terhadap Signal To Noise Ratio Dan Scan Time Pada Pemeriksaan Magnetic Resonance Imaging: Studi Literature Review. *JRI (Jurnal Radiogr Indones.* 2022 May 29;5:48–53.
14. Del Grande F, Santini F, Herzka DA, Aro MR, Dean CW, Gold GE, et al. Fat-Suppression Techniques for 3-T MR Imaging of the Musculoskeletal System. *RadioGraphics [Internet].* 2014 Jan 1;34(1):217–33. Available from: <https://doi.org/10.1148/rg.341135130>
15. Zul Fikra, I Made Lana Prasetya, Hendra Setiawan. Peranan Sekuen Stir Pada Pemeriksaan MRI Shoulder Dengan Klinis Supraspinatus Injury Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Umum Pusat Persahabatan Jakarta Timur. *J Ris Rumpun Ilmu Kedokt.* 2023;2(2):198–208.
16. Adigun OO, Al-Dhahir MA. Anatomy, Head and Neck: Cerebrospinal Fluid. In *Treasure Island (FL)*; 2025.
17. Harrow-Mortelliti M, Reddy V, Jimsheleishvili G. Physiology, Spinal Cord. In *Treasure Island (FL)*; 2025.
18. Sensakovic WF. Regarding fat suppression in mri, when are spectral techniques preferred over stir, and vice versa? *Am J Roentgenol.* 2015;205(3):W231–2.
19. Rusmayanti MY, Kurniawan SN. Hnp Lumbalis. *JPHV (Journal Pain, Vertigo Headache).* 2023;4(1):7–11.