



ANALISIS PERBEDAAN INFORMASI ANATOMI PEMERIKSAAN MRI LUMBAL SEKUEN T2 FSE SAGITAL PENGGUNAAN ARC DENGAN VARIASI TIME REPETITION PADA KASUS HERNIA NUKLEUS PULPOSUS (HNP)

Muhamad Rijal Abdullah¹, Arga Pratama Rahardian², Hernastiti Sedya Utami³, Fani Susanto⁴, Alan Samudra⁵

¹²³⁴⁵Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia
argarahardian@ump.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan informasi citra pada pemeriksaan MRI lumbal menggunakan sekuens T2 FSE potongan sagital dengan teknik *Autocalibrating Reconstruction for Cartesian Imaging* (ARC) berdasarkan variasi nilai *Time Repetition* (TR) pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP). Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif eksperimental dengan sampel sebanyak 10 pasien yang menjalani pemeriksaan MRI lumbal dengan tiga variasi nilai TR, 3000 ms, 3500 ms, dan 4000 ms. Penilaian informasi anatomi dilakukan oleh dua dokter radiologi menggunakan kuesioner, dan data dianalisis menggunakan uji *friedman*. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antara variasi TR terhadap informasi citra, dengan nilai TR 4000 ms memberikan *mean rank* tertinggi (2,27), diikuti TR 3500 ms (2,03) dan TR 3000 ms (1,71). Perbedaan signifikan ditemukan terutama pada anatomi *medula spinalis* dan *discus intervertebralis*, sementara struktur lain seperti *corpus vertebra*, cairan *cerebrospinal fluid* (CSF), *ligamentum flavum*, dan *ligamentum posterior* tidak menunjukkan perbedaan berarti. Peningkatan nilai TR terbukti meningkatkan rasio sinyal terhadap *noise* (SNR), yang berdampak pada peningkatan kualitas informasi anatomi. Dengan demikian, nilai TR 4000 ms direkomendasikan sebagai parameter optimal untuk memperoleh kualitas citra dan informasi anatomi terbaik pada pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE menggunakan teknik ARC.

Kata kunci: *Time Repetition, MRI Lumbal, T2 FSE, ARC, informasi anatomi*

Abstract

This study aims to analyze the differences in image information from lumbar MRI scans using the T2 FSE sagittal sequence with the Autocalibrating Reconstruction for Cartesian Imaging (ARC) technique, based on variations in Time Repetition (TR) values in cases of Herniated Nucleus Pulposus (HNP). This quantitative experimental study involved 10 patients who underwent lumbar MRI scans with three different TR values: 3000 ms, 3500 ms, and 4000 ms. Two radiologists evaluated the anatomical information using questionnaires, and the data were analyzed using the Friedman test. The results showed a significant difference ($p < 0.05$) in image information across the different TR values. The TR value of 4000 ms produced the highest mean rank (2.27), followed by 3500 ms (2.03) and 3000 ms (1.71). Significant differences were mainly observed in the spinal cord and intervertebral disc anatomy, while other structures such as the vertebral body, cerebrospinal fluid (CSF), ligamentum flavum, and posterior ligament showed no significant differences. Increasing the TR value was found to improve the signal-to-noise ratio (SNR), which enhanced the quality of anatomical information. Therefore, a TR value of 4000 ms is recommended as the optimal parameter to achieve the best image quality and anatomical detail in lumbar MRI using the T2 FSE sequence with the ARC technique.

Keywords: *Time Repetition, Lumbar MRI, T2 FSE, ARC, anatomical information.*

PENDAHULUAN

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan modalitas pencitraan diagnostik yang digunakan untuk menghasilkan citra potongan gambar penampang tubuh manusia dan jaringan lunak dengan detail (Bagus YB et al., 2020). Dengan menggunakan medan magnet yang kuat dan sinyal radiofrekuensi, MRI menghasilkan gambaran potongan tubuh manusia tanpa memerlukan paparan sinar-X. Teknik ini mampu menghasilkan gambar dalam berbagai orientasi, seperti coronal, sagittal, axial, dan oblique, tanpa memerlukan banyak pergerakan atau manipulasi tubuh pasien (Astuti et al., 2017). Salah satu pemeriksaan yang biasanya dilakukan dengan MRI adalah pemeriksaan MRI Lumbal.

Pemeriksaan MRI Lumbal merupakan pemeriksaan dengan menggunakan medan magnetik yang bertujuan untuk menilai struktur lumbal serta organ-organ di sekitarnya, termasuk cairan serebrospinal (CSF), diskus intervertebralis, korpus vertebra lumbal, serta jaringan otot dan jaringan lunak di area lumbal. Vertebra lumbal, juga dikenal sebagai tulang pinggang yang merupakan bagian dari kolumna vertebralis yang terdiri atas lima ruas tulang dengan ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan vertebra torakal maupun servikal (Bagus YB et al., 2020). Pemeriksaan ini dilakukan untuk mendeteksi berbagai kelainan, seperti trauma pada *medula spinalis*, ligamen, atau korpus vertebra, metastasis pada tulang belakang, proses inflamasi, kompresi *medula spinalis*, nyeri punggung bagian bawah (*low back pain*), dan *hernia nukleus pulposus* (HNP) (Irsal et al., 2020).

Hernia Nucleus Pulposus (HNP) merupakan kondisi pada tulang belakang yang terjadi akibat robeknya *annulus fibrosus*, sehingga menyebabkan *nucleus pulposus* yang terletak di pusat *discus* mengalami herniasi (Casiano et al., 2023). HNP menjadi salah satu penyebab utama nyeri punggung yang sering disertai sensasi terbakar atau menyengat dan dapat menjalar ke ekstremitas bawah. *Discus intervertebralis* berperan sebagai bantalan untuk meredam guncangan pada tulang belakang. Namun, pada beberapa kasus, HNP dapat menekan saraf dan *medula spinalis* (Casiano et al., 2023).

Menurut Westbrook (2014), pemeriksaan MRI Lumbal secara rutin untuk menilai struktur anatomi dan mendeteksi kelainan patologi dilakukan dengan menggunakan berbagai sekuen, antara lain sagittal T1 SE/FSE, sagittal T2 SE/FSE, atau sagittal GRE T2*, axial oblique T1 SE/FSE atau axial oblique T2 SE/FSE, serta *Short Tau Inversion Recovery* (STIR) (Westbrook, 2014).

Pada pencitraan dengan pembobotan T2, disarankan menggunakan pulsa sekuen *fast spin echo* (FSE), yang merupakan pengembangan dari

teknik *spin echo* (Westbrook, 2014). Sekuen FSE memanfaatkan train pulse rephasing 180°, yang dikenal sebagai *turbo factor* atau *echo train length*. Keunggulan utama dari sekuen ini adalah waktu pemindaian yang lebih cepat serta peningkatan kualitas citra yang dihasilkan. Selain itu, pemilihan potongan sagittal direkomendasikan karena memungkinkan visualisasi yang lebih luas dan komprehensif terhadap struktur anatomi yang diperiksa (Lawton et al., 2014).

Pada kasus *Hernia Nucleus Pulposus* (HNP), pasien sering mengalami ketidaknyamanan akibat durasi pemeriksaan yang relatif lama. Oleh karena itu, diperlukan teknik yang dapat mengurangi waktu pemeriksaan guna meminimalkan rasa nyeri selama prosedur MRI berlangsung (Herliana et al., 2017; Indrati et al., 2020). Teknik akuisisi *parallel* atau *parallel imaging* merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan untuk mempercepat proses pemeriksaan (Deshmane et al., 2012).

Parallel imaging merupakan teknik yang berfungsi untuk mempercepat akuisisi data pada pencitraan MRI (Deshmane et al., 2012). Metode ini memiliki dua pendekatan utama, yaitu rekonstruksi yang dilakukan dalam *image space* dan rekonstruksi yang berlangsung di *k-space*. Penerapan teknik *parallel imaging* memungkinkan akuisisi citra yang lebih cepat, namun dapat menyebabkan penurunan nilai *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) pada hasil pencitraan (Ruel et al., 2004).

General Electric (GE) mengembangkan teknologi serupa yang dikenal sebagai ARC (*Autocalibrating Reconstruction for Cartesian Imaging*). ARC merupakan metode *parallel imaging* yang menerapkan pemrosesan secara tiga dimensi (3D) pada seluruh tiga arah objek yang diperiksa. Dibandingkan dengan teknik *parallel imaging* lainnya, ARC memiliki keunggulan dalam mempercepat akuisisi data, meningkatkan kualitas citra, serta mengurangi kemunculan artefak pada hasil pencitraan (Brau, 2007).

Akan tetapi ARC memiliki kekurangan yaitu *noise* yang relatif lebih banyak dibandingkan dengan tanpa penggunaan *parallel imaging* (Rofiqoh, 2023), hal tersebut dapat diatasi dengan penggunaan *Time Repetition* (TR), *Time Repetition* (TR) berfungsi sebagai parameter yang mengatur jumlah magnetisasi *longitudinal* yang telah mengalami pemulihan sebelum aplikasi pulsa *Radio Frequency* (RF) berikutnya. Pengaturan TR yang lebih panjang memungkinkan proses pemulihan magnetisasi *longitudinal* secara menyeluruh, sehingga lebih banyak magnetisasi yang dapat dikonversi menjadi magnetisasi *transversal* saat pulsa RF diberikan selanjutnya. TR yang panjang dapat menghasilkan kontras citra yang lebih bagus dan umumnya digunakan untuk menghasilkan citra dengan penekanan pembobotan T2. Sebuah pembobotan dinyatakan T2 dengan

menggunakan parameter TR 2000 sampai 3000 ms (Nizar et al., 2019).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Nizar et al., 2019), ditemukan bahwa nilai *Time Repetition* (TR) yang paling optimal pada pemeriksaan MRI lumbal dengan menggunakan sekuens T2 *Fast Spin Echo* (FSE) pada potongan sagital adalah TR 3000 ms, yang menghasilkan kualitas citra dan informasi yang terbaik. Sementara itu, Rini et al. (2020) melaporkan bahwa untuk pemeriksaan MRI Cervical pada sekuens T2 *Turbo Spin Echo* (TSE) sagital, nilai TR yang paling optimal adalah TR 3500 ms. Penelitian oleh Syamsul et al. (2015) juga mendukung temuan ini, menyatakan bahwa peningkatan nilai TR akan berbanding lurus dengan peningkatan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) yang diperoleh, dikarenakan jumlah sinyal yang terdeteksi menjadi lebih banyak.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan informasi anatomi yang dihasilkan dari pemeriksaan MRI Lumbal menggunakan sekuens T2 *Fast Spin Echo* (FSE) dengan metode *Autocalibrating Reconstruction for Cartesian Imaging* (ARC) pada potongan sagittal, berdasarkan variasi nilai *Time Repetition* (TR). Variasi TR yang dianalisis dalam penelitian ini mencakup 3000 ms, 3500 ms, dan 4000 ms. Diharapkan, hasil dari penelitian ini dapat menjadi referensi bagi para radiografer dalam menetapkan parameter pemeriksaan, terutama dalam menentukan nilai TR, untuk memperoleh hasil citra yang optimal.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan informasi anatomi pada MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repetition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP). Data penelitian diambil pada bulan Februari 2025 di Instalasi Radiologi RS JIH Purwokerto dengan menggunakan pesawat GE Signa Explorer 1,5 Tesla. Jumlah sampel dalam penelitian ini adalah 10 pasien MRI Lumbal dengan klinis HNP yang akan diberikan 3 perlakuan yaitu dengan variasi nilai TR 3000ms, TR 3500ms, TR 4000ms. Dalam mendapatkan informasi citra anatomi, peneliti membuat kuisioner menggunakan skala *likert* dengan skor 1 = sangat tidak jelas, 2 = kurang jelas, 3 = cukup jelas, 4 = jelas, 5 = sangat jelas, kepada dokter radiologi yang telah berpengalaman membaca atau menilai hasil Informasi citra MRI. Skala *likert* dimaksudkan untuk mengukur sikap individu dalam dimensi yang sama dan individu menempatkan dirinya ke arah satu kontinuitas dari butir soal (Sugiyono, P. D. 2010).

Analisis data dilakukan dengan menggunakan aplikasi SPSS. Data mengenai informasi anatomi diperoleh dari hasil evaluasi yang dilakukan oleh

dokter spesialis radiologi menggunakan kuesioner. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan uji statistik *Cohen's Kappa* untuk menilai tingkat kesepakatan antara dua responden dalam penilaian informasi anatomi (Dahlan, 2013; Sim & Wright, 2005). Selanjutnya, data dianalisis menggunakan uji statistik *Friedman*, karena data bersifat ordinal dan berasal dari sampel berpasangan dengan lebih dari dua perlakuan. Apabila nilai $p < 0,05$ maka hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis alternatif (H_a) diterima, yang menunjukkan adanya perbedaan informasi anatomi pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repetition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP). Sebaliknya, jika nilai $p > 0,05$ maka H_0 diterima, yang berarti tidak terdapat perbedaan signifikan dalam informasi anatomi pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repetition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP) pada variasi TR. Pada analisis variasi *time repetition* (TR), nilai *mean rank* menunjukkan urutan tingkat informasi anatomi yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik sampel berdasarkan jenis kelamin dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1. Karakteristik sampel berdasarkan jenis kelamin

Jenis Kelamin	Jumlah	Presentase (%)
Laki-laki	5	50%
Perempuan	5	50%
Total	10	100%

Dalam penelitian ini dapat diketahui bahwa sampel terdiri dari lima orang pasien laki-laki (50%) dan lima orang pasien perempuan (50%). Kemudian karakteristik sampel berdasarkan umur dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik sampel berdasarkan umur

Umur	Jumlah	Persentase (%)
25-35	3	30%
36-45	2	20%
>45	5	50%
Total	10	100%

Berdasarkan table 2 dapat diketahui bahwa rentang usia sampel pada penelitian ini adalah 25-35 tahun berjumlah 3 orang pasien, 36-45 tahun berjumlah 2 orang pasien dan usia lebih dari 45 tahun berjumlah 5 orang pasiemi. Hasil citra dari pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repetition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP) ditunjukkan pada gambar 1.

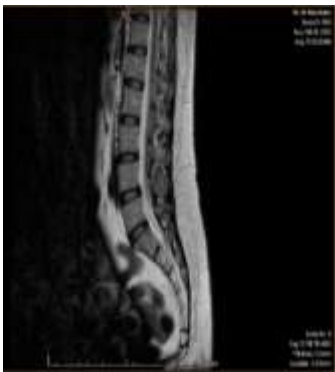
(a)



(b)



(c)



Gambar 1. Hasil Gambaran MRI Lumbal dengan variasi TR (a) TR 3000 ms, (b) TR 3500 ms, (c) TR 4000 ms.

Pada penelitian ini, hasil informasi citra anatomi dinilai oleh 2 observer, yaitu Dokter Spesialis Radiologi yang memiliki kompetensi dalam ekspertisi di bidang pencitraan MRI dengan pengalaman kerja lebih dari 5 tahun. Data selanjutnya dianalisis dengan uji konsistensi *Cohen's Kappa* sehingga diketahui tingkat kesepakatan atau obyektifitas dari penilaian dua observer terhadap hasil informasi anatomi. Hasil uji konsistensi *Cohen's Kappa* menunjukkan bahwa rata-rata tingkat kesepakatan pada dari kedua observer adalah 0,81. Data dari hasil penilaian informasi anatomi dari responden berupa data ordinal dan merupakan data berpasangan lebih dari dua kelompok sehingga dilakukan uji Statistik *Friedman* yang bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan informasi anatomi pada pemeriksaan MRI Lumbal sekuen T2 FSE Sagital pada penggunaan ARC dengan variasi nilai *time*

repetition pada kasus HNP. Adapun hasil dari uji *friedman* untuk variasi TR secara keseluruhan anatomi dapat di lihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji *Friedman* untuk keseluruhan anatomi tiap variasi

Variabel	Signifikan si	Keterangan
TR	< 0.05	Ada beda

Berdasarkan tabel 3, diketahui bahwa ada perbedaan yang signifikan antara TR 3000 ms, TR 3500 ms, dan TR 4000 ms. Selanjutnya nilai *mean rank* untuk masing-masing TR dapat dilihat pada pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai *Mean Rank* tiap TR secara keseluruhan anatomi

No	TR	<i>Mean Rank</i>
1	3000 ms	1.71
2	3500 ms	2.03
3	4000 ms	2.27

Berdasarkan hasil *mean rank* tersebut untuk nilai tertinggi yaitu pada nilai TR 4000 ms dengan *mean rank* 2.27, peringkat kedua pada nilai TR 3500 ms dengan *mean rank* 2.03, kemudian ketiga pada TR 3000 ms dengan *mean rank* 1.71. Berdasarkan nilai *mean rank* tersebut untuk gambaran hasil yang paling baik berdasarkan uji *Friedman* keseluruhan anatomi adalah nilai TR 4000 ms, sedangkan hasil paling rendah adalah nilai TR 3000 ms.

Hasil anatomi dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Hasil citra untuk anatomi, 1. *Corpus Vertebra*, 2. *Cerebro Spinal Fluid (CSF)*, 3. *Medula Spinalis*, 4. *Discus Intervertebralis*, 5. *Ligamentum Flafum*, 6. *Ligamentum Posterior*.

Setelah dilakukan uji *friedman* secara keseluruhan anatomi terhadap seluruh struktur anatomi, analisis selanjutnya dilakukan secara terpisah pada masing-masing struktur anatomi lumbal potongan sagital. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengevaluasi adanya perbedaan yang signifikan pada informasi anatomi dari pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repitition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP). Hasil uji *friedman* untuk masing-masing anatomi disajikan dapat dilihat pada table 5.

Tabel 5. Hasil *Mean Rank* dan Signifikansi uji *Fredman* variasi nilai TR terhadap lumbal pada tiap anatomi

Nama Organ	Variasi Nilai TR	Mean Rank	Signif ikansi (p)	Keter anga n
Corpus Vertebra	3000 ms	1.75	0.097	Tidak
	3500 ms	2.05		Ada
	4000 ms	2.20		beda
Cerebro Spinal Fluid (CSF)	3000 ms	1.90	0.670	Tidak
	3500 ms	2.00		Ada
	4000 ms	2.10		beda
Medula Spinalis	3000 ms	1.50	0.026	Ada
	3500 ms	2.05		beda
	4000 ms	2.45		
Discus Intervertebr alis	3000 ms	1.55	0.044	Ada
	3500 ms	2.00		beda
	4000 ms	2.45		
Ligamentu m Flafum	3000 ms	1.75	0.210	Tidak
	3500 ms	2.00		Ada
	4000 ms	2.25		beda
Ligamentu m Posterior	3000 ms	1.80	0.595	Tidak
	3500 ms	2.05		Ada
	4000 ms	2.15		beda

Berdasarkan hasil uji *friedman* diatas anatomi *Corpus Vertebra*, *Cerebro spinal fluid* (CSF), *Ligamentum flafum*, *Ligamentum posterior* dihasilkan nilai signifikansi > 0.05 yang berarti tidak ada perbedaan yang signifikan berdasarkan informasi masing-masing anatomi tersebut pada pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repitition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP). Sedangkan anatomi *Medula spinalis*, dan *Discus intervertebralis* dihasilkan nilai signifikansi < 0.05 yang berarti ada perbedaan yang signifikan berdasarkan informasi masing-masing anatomi tersebut pada pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repitition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP). Untuk setiap anatomi, nilai TR 4000 ms merupakan TR yang memiliki *mean rank* tertinggi,

kemudian posisi kedua yaitu pada nilai TR 3500 ms, dan terakhir pada nilai TR 3000 ms.

Perbedaan informasi citra secara keseluruhan anatomi

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam informasi anatomi pada pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repitition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP) dengan variasi *Time Repetition* (TR) 3000 ms, 3500 ms, dan 4000 ms. Perbedaan ini terjadi karena TR secara langsung memengaruhi rasio sinyal terhadap *noise* (SNR) yang dihasilkan pada citra. TR, atau *time repitition*, adalah selang waktu antara dua pulsa eksitasi berurutan yang diberikan ke jaringan selama proses pemeriksaan MRI. Parameter ini berfungsi untuk mengatur jumlah magnetisasi *longitudinal* yang memiliki waktu untuk pulih (*recovery*) sebelum diberikan pulsa *Radio Frequency* (RF) berikutnya. TR yang lebih panjang memungkinkan pemulihan magnetisasi *longitudinal* secara penuh, sehingga lebih banyak magnetisasi yang dapat diubah menjadi magnetisasi *transversal* saat pulsa RF berikutnya diberikan (McDowell & Carmichael, 2018). Hal ini menghasilkan sinyal yang lebih kuat dan, pada akhirnya, kualitas citra yang lebih baik (Karang dkk., 2024)

TR merupakan salah satu parameter utama dalam MRI yang sangat menentukan kualitas citra, terutama dalam kaitannya dengan nilai SNR, kontras jaringan, dan durasi akuisisi data (Hashemi et al., 2010; Westbrook & Talbot, 2019). Penggunaan TR pendek (<600 ms) dapat meningkatkan kontras T1, sementara TR panjang (>1500 ms) cenderung mengurangi pengaruh efek T1, meningkatkan sensitivitas terhadap perbedaan T2, dan menghasilkan citra yang lebih optimal untuk kebutuhan kontras T2 (Westbrook & Talbot, 2019; McRobbie et al., 2006; Nizar et al., 2019). Penelitian oleh Arty dan rekan-rekan (2024) juga mendukung bahwa peningkatan nilai TR berbanding lurus dengan peningkatan nilai SNR. TR yang lebih panjang memberikan waktu relaksasi penuh bagi jaringan, sehingga sinyal yang dihasilkan lebih intens dan detail anatomi menjadi lebih jelas, terutama pada sekuens *Fast Spin Echo* (FSE) dan *Turbo Spin Echo* (TSE) (Bernstein et al., 2004; Nizar et al., 2019). Temuan ini juga diperkuat oleh studi Indriati dan rekan-rekan (2016) yang menyimpulkan bahwa nilai SNR sangat dipengaruhi oleh variasi TR.

SNR sendiri merupakan parameter krusial dalam menentukan kualitas citra MRI. Kualitas citra yang tinggi akan berdampak langsung pada peningkatan informasi anatomi yang dapat diperoleh. Semakin tinggi nilai SNR, maka visualisasi struktur anatomi akan semakin tajam dan jelas, terutama karena berkurangnya *noise* dan meningkatnya intensitas sinyal yang terdeteksi

(Nizar et al., 2019; Muzamil et al., 2023; Samudra et al., 2025). Dengan demikian, akurasi dalam identifikasi struktur patologis dan anatomi meningkat, yang sangat penting dalam konteks diagnosis klinis. Penelitian lanjutan oleh Indriati dkk. (2020) juga menunjukkan bahwa variasi nilai TR menghasilkan perbedaan pada informasi anatomi pada pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repetition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP) yang dihasilkan. Perbedaan ini semakin nyata ketika menggunakan sekuens dengan teknik penekanan lemak (fat suppression), seperti STIR dan Fat Sat, yang juga dipengaruhi oleh pengaturan TR (Sulistiyadi & Suwondo, 2017; Masrochah dkk., 2020).

Perbedaan informasi citra untuk masing-masing anatomi

Berdasarkan hasil uji Friedman terhadap masing-masing struktur anatomi, diketahui bahwa anatomi *corpus vertebra*, *cerebrospinal fluid* (CSF), *ligamentum flavum*, dan *ligamentum posterior* tidak menunjukkan perbedaan informasi anatomi yang signifikan pada pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repetition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP). Sebaliknya, pada anatomi medula spinalis dan discus intervertebralis ditemukan perbedaan informasi anatomi yang signifikan pada pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repetition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP). Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Indriati et al. (2020) yang menyatakan bahwa variasi nilai TR tidak selalu memengaruhi semua struktur anatomi secara seragam, beberapa menunjukkan perubahan signifikan, sementara yang lain tidak. Penelitian tersebut juga diperkuat oleh temuan dari Fujianto et al. (2016), yang menjelaskan bahwa TR bukan satu-satunya faktor yang memengaruhi kualitas visualisasi anatomi, ada faktor lain seperti karakteristik jaringan dan parameter atau sekuens yang digunakan dalam MRI.

Perbedaan pengaruh TR antar jaringan dipengaruhi oleh komposisi jaringan dan sensitivitas relaksasi magnetik terhadap TR. Variasi TR dalam MRI berdampak pada intensitas sinyal yang dihasilkan, tergantung pada waktu relaksasi T1 dan T2 dari masing-masing jaringan. Struktur seperti *medula spinalis* dan *discus intervertebralis* memiliki kandungan air yang tinggi dan waktu relaksasi yang panjang, sehingga sangat sensitif terhadap perubahan TR. Oleh karena itu, perubahan nilai TR akan menghasilkan variasi sinyal yang lebih jelas, sehingga informasi anatomi menjadi lebih signifikan dan detail (Bruin et al., 2016; Niemelainen et al., 2008).

Sebaliknya, struktur seperti *corpus vertebra*, *cerebrospinal fluid* (CSF), dan *ligamentum*, memiliki kontras intrinsik yang rendah atau waktu

relaksasi yang kurang dipengaruhi oleh TR, sehingga variasi nilai TR tidak memberikan perubahan intensitas sinyal yang berarti. Akibatnya, perbedaan informasi anatomi pada struktur-struktur ini tidak signifikan (Bruin et al., 2016; Niemelainen et al., 2008; Ho et al., 1988).

Variasi TR Yang Optimal

Pada pemeriksaan MRI lumbal dengan sekuens T2 *Fast Spin Echo* (FSE) sagital menggunakan teknik *Autocalibrating Reconstruction for Cartesian Imaging* (ARC), ditemukan bahwa nilai Time Repetition (TR) 4000 ms menghasilkan *mean rank* tertinggi, yang menunjukkan informasi anatomi keseluruhan terbaik dibandingkan dengan TR 3000 ms dan 3500 ms. Peningkatan nilai TR berbanding lurus dengan peningkatan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), sehingga visualisasi struktur anatomi menjadi lebih tajam dan jelas akibat berkurangnya noise dan meningkatnya intensitas sinyal yang terdeteksi (Nizar et al., 2019; Muzamil et al., 2023; Alan et al., 2025). TR, sebagai jeda antara dua pulsa eksitasi berurutan, memengaruhi proses relaksasi magnetisasi *longitudinal* jaringan; semakin panjang TR, semakin lengkap pemulihan magnetisasi, sehingga sinyal yang dihasilkan lebih kuat dan rasio sinyal terhadap *noise* meningkat (Hashemi et al., 2010; Westbrook & Talbot, 2019). Efek ini paling nyata pada jaringan dengan kandungan air tinggi dan waktu relaksasi T2 yang panjang, seperti *medula spinalis* dan *discus intervertebralis*, yang menunjukkan respons sinyal signifikan terhadap variasi TR (McRobbie et al., 2006; Bernstein et al., 2004; de Bruin et al., 2016; Niemelainen et al., 2008).

Sebaliknya, struktur seperti *corpus vertebra*, *ligamentum flavum*, dan cairan *cerebrospinal fluid* (CSF) tidak menunjukkan perbedaan signifikan karena kontras intrinsik yang rendah dan waktu relaksasi yang lebih singkat (Ho et al., 1988; Indriati et al., 2020). Selain itu, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perbedaan informasi anatomi akibat variasi TR akan semakin jelas ketika digunakan sekuens dengan teknik penekanan lemak seperti STIR dan Fat Sat (Sulistiyadi & Suwondo, 2017; Masrochah et al., 2020). Meskipun TR 4000 ms terbukti optimal dalam meningkatkan kualitas citra, nilai TR 3000–3500 ms tetap relevan secara klinis karena memberikan keseimbangan antara efisiensi waktu akuisisi dan kualitas diagnostik, terutama pada pasien dengan keterbatasan seperti nyeri punggung atau gerakan involunter (Indrati et al., 2016; Muzamil et al., 2023). Oleh karena itu, pemilihan nilai TR yang optimal harus mempertimbangkan karakteristik jaringan yang diperiksa serta kondisi klinis pasien untuk mencapai efisiensi dan akurasi diagnostik maksimal.

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan informasi anatomi pada pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital dengan metode *Autocalibrating Reconstruction for Cartesian Imaging* (ARC) berdasarkan variasi nilai *Time Repetition* (TR) pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP). Berdasarkan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan melibatkan 10 pasien dan tiga variasi TR (3000 ms, 3500 ms, dan 4000 ms), dilakukan penilaian kualitas informasi anatomi oleh dua dokter radiologi menggunakan instrumen kuesioner dan dianalisis secara statistik dengan uji *friedman*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan informasi anatomi yang signifikan pada pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repetition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP) secara keseluruhan anatomi, di mana TR 4000 ms memberikan hasil paling optimal dengan *mean rank* tertinggi. Secara spesifik, perbedaan informasi anatomi yang signifikan pada pemeriksaan MRI lumbal sekuen T2 FSE sagital penggunaan ARC dengan variasi *time repetition* pada kasus *Hernia Nukleus Pulposus* (HNP) ditemukan pada anatomi *medula spinalis* dan *discus intervertebralis*, sedangkan struktur lain seperti *corpus vertebra*, cairan *cerebrospinal fluid* (CSF), *ligamentum flavum*, dan *ligamentum posterior* tidak menunjukkan perbedaan berarti. Peningkatan nilai TR terbukti meningkatkan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), sehingga memperjelas visualisasi struktur anatomi yang berdampak pada peningkatan informasi anatomi. Oleh karena itu, penggunaan nilai TR 4000 ms direkomendasikan sebagai parameter optimal dalam pemeriksaan MRI lumbal dengan sekuen T2 FSE menggunakan teknik ARC untuk kasus HNP.

DAFTAR PUSTAKA

- Arty, N., Dewang, S., Astuty, S. D., Rifaldi, R., & Purwanto, P. (2024). Penentuan Nilai Signal To Noise Ratio Pada Citra Magnetic Resonance Imaging Berdasarkan Variasi Time Repetition Time Echo. 27(1), 32–39.
- Astuti, S. D., Astutik, N. V. I., & Muzamil, A. (2017). Optimalisasi Parameter Bandwidth dan Time Echo untuk Mengurangi Susceptibility Artifacts dan Chemical Shift pada MRI. Jurnal Biosains Pascasarjana, 19(3), 237. <https://doi.org/10.20473/jbp.v19i3.2017.237-245>
- Bagus YB, M., Darmini, D., & Mulyati, S. (2020). Analisis Perbedaan Kualitas Citra Dan Informasi Anatomi Pada Pemeriksaan Mri Lumbal Sekuen T2Wi Fast Spin Echo (Fse) Potongan Sagital Dengan Variasi Nilai Time Repetition. JRI (Jurnal Radiografer Indonesia), 3(1), 5–12. <https://doi.org/10.55451/jri.v3i1.53>
- Bernstein, M. A., King, K. F., & Zhou, X. J. (2004). Handbook of MRI Pulse Sequences. Elsevier Academic Press.
- Brau, A. (2007). New Parallel Imaging Method Enhances Imaging Speed and Accuracy. Magnetic Resonance in Medicine, 42(5), 952–962. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10542355>
- Casiano, V. E., Sarwan, G., Dydyk, A. M., & Varacallo, M. (2023). Back Pain. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL). <http://europepmc.org/books/NBK538173>
- Dahlan, M. S. (2013). Statistik Untuk Kedokteran Dan Kesehatan (Edisi 5). Salemba Medika.
- de Bruin, F., ter Horst, S., van den Berg, R., de Hooge, M., van Gaalen, F., Fagerli, K. M., Landewé, R., van Oosterhout, M., Bloem, J. L., van der Heijde, D., & Reijnierse, M. (2016). Signal intensity loss of the intervertebral discs in the cervical spine of young patients on fluid sensitive sequences. Skeletal Radiology, 45(3), 375–381. <https://doi.org/10.1007/s00256-015-2301-7>
- Deshmane, A., Gulani, V., Griswold, M. A., & Seiberlich, N. (2012). Parallel MR imaging. Journal of Magnetic Resonance Imaging, 36(1), 55–72. <https://doi.org/10.1002/jmri.23639>
- Fujianto, S., Sugiyanto, S., & Katili, M. I. (2016). Analisis Variasi Nilai Time Repetition (TR) dan Time Inversion (TI) terhadap Informasi Anatomi Sekuens Turbo Inversion Recovery Magnitude (TIRM) MRI Wrist Joint Dengan Menggunakan MRI 0,3 Tesla. Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD), 2(1), 97–102. <https://doi.org/10.31983/jimed.v2i1.3164>
- Hashemi, R. H., Bradley Jr, W. G., & Lisanti, C. J. (2010). MRI: The Basics (2nd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Herliana, A., Yudhiono, N., & Fitriyani. (2017). Sistem pakar diagnosis penyakit hernia nukleus pulposus menggunakan forward chaining berbasis web. Jurnal Kajian Ilmiah, 17(3), 86.
- Indrati, R., Heriansyah, H., & Wakhrudin, W. (2016). Analisis Variasi Time Repetition (TR) terhadap Signal to Noise Ratio dan Contrast to Noise Ratio pada Pemeriksaan MRI Cervical T2 Weighted Fast Spin Echo (FSE) Potongan Sagital. Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD), 2(1), 119–123. <https://doi.org/10.31983/jimed.v2i1.3168>

- Indrati, R., Widyastuti, L. P., Sari, T. P., & Sudiyono, S. (2020). Difference of Anatomy Information Mri Knee Joint on Variation of Time Repetition Sequences Stir in Sagittal Slices. *Journal of Vocational Health Studies*, 4(2), 89. <https://doi.org/10.20473/jvhs.v4.i2.2020.89-94>
- Irsal, M., Kesehatan, P., Kesehatan, K., & Ii, J. (2020). Prosiding Seminar Nasional dan Call For Papers Jurusan Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Poltekkes Kemenkes Jakarta II. October. <https://www.researchgate.net/publication/344678247>
- Karang ARDA, Sutapa GN, Negara IPSD. The Effect of Time Repetition Variation on Brain MRI Imaging Quality on T2 Weighted Sequences. *Kappa Journal*. 2024;8(1):70-74.
- Lawton, C. D., Smith, Z. A., Nixon, A. T., Dahdaleh, N. S., Wong, A. P., Khanna, R., Barnawi, A., & Fessler, R. G. (2014). The effect of surgical level on self-reported clinical outcomes after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: L4-L5 versus L5-S1. *World Neurosurgery*, 81(1), 177–182. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2013.07.082>
- McRobbie, D. W., Moore, E. A., Graves, M. J., & Prince, M. R. (2006). *MRI From Picture to Proton* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Muzamil, A., Nurdin, D. Z. I., Rohmah, J., Rulaningtyas, R., & Astuti, S. D. (2023). Cervical MRI Image Quality Optimization based on Repetition Time (TR) and Echo Train Length (ETL) Settings. *Hellenic Journal of Radiology*, 8(2), 19–27. <https://doi.org/10.36162/hjr.v8i2.528>
- Niemeläinen, R., Videman, T., Dhillon, S. S., & Battié, M. C. (2008). Quantitative measurement of intervertebral disc signal using MRI. *Clinical Radiology*, 63(3), 252–255. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2007.08.012>
- Nizar, S., Fatimah, F., & Kartili, I. (2019). Pengaruh Variasi Time Repetition (Tr) Terhadap Kualitas Citradan Informasi Citra Pada Pemeriksaan Mri Lumbalsekuens T2 Fse Potongan Sagital. *Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD)*, 5(2), 89. <https://doi.org/10.31983/jimed.v5i2.4473>
- P S Ho, S W Yu, L A Sether, M Wagner, K C Ho, and V M Haughton. Ligamentum flavum: appearance on sagittal and coronal MR images. *Radiology* 1988 168:2, 469-472. <https://doi.org/10.1148/radiology.168.2.3393666>
- Rofiqoh EP. Analisis Perbedaan Kualitas Citra Mri Thoracolumbal Sekuen T2 Fse Potongan Sagittal Dengan Dan Tanpa Teknik Parallel Imaging Arc Pada Kasus Hernia Nukleus Pulposus. [Purwokerto]: Universitas Muhammadiyah Purwokerto; 2023.
- Ruel, L., Brugières, P., Luciani, A., Breil, S., Mathieu, D., & Rahmouni, A. (2004). Comparison of In Vitro and In Vivo MRI of the Spine Using Parallel Imaging. *American Journal of Roentgenology*, 182(3), 749–755. <https://doi.org/10.2214/ajr.182.3.1820749>
- Samudra, A., Fitriana, L., Hidayat, F. R., Mukti, K., Giovany, A. G., & Caesarendra, W. (2025). Analysis of Differences in Image Quality and Anatomical Information of Head CT Scan Examination in Non-Hemorrhagic Stroke Cases Using Sinogram Affirmed Iterative Reconstruction (SAFIRE). 7(2).
- Sim, J., & Wright, C. C. (2005). The Kappa Statistic in Reliability Studies: Use, Interpretation, and Sample Size Requirements. *Physical Therapy*, 85(3), 257–268. <https://doi.org/10.1093/ptj/85.3.257>
- Sugiyono, P. D. (2010). *Metode Penelitian. Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*.
- Sulistiyadi, A. H., & Suwondo, A. (2017). Optimalisasi Informasi Citra T1W1 Post Contrast Dengan Fat Saturation dan Variasi Time Repetition: Studi Pada Magnetic Resonance Imaging Brain Dengan Kasus Tumor. *Prosiding Seminar Nasional Dan Call for Papers*, November, 810–818.
- Westbrook, C. (2014). *Handbook of MRI Technique Fourth Edition* (2014th ed.).
- Westbrook, C., & Talbot, J. (2019). *MRI in Practice* (5th ed.). Wiley-Blackwell.