

Acceleration Factor GRAPPA terhadap Kualitas Citra MRI Sagittal T2 Lumbal pada Klinis Hernia Nucleus Pulposus

GRAPPA Acceleration Factors on Sagittal T2 Lumbar MRI Image

Quality in Clinical Hernia Nucleus Pulposus

Danu Alief Pandoyo^{1*}, Eunike Serfina Fajarini², Muhaimin³

^{1,3} Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan, Departemen Kesehatan, Fakultas Vokasi, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

² Application Specialist MRI, GE Healthcare Indonesia, Jakarta, Indonesia

Abstract

Hernia Nucleus Pulposus (HNP) is the most common cause of back pain in the elderly. The most sensitive imaging to see HNP is using MRI. MRI examinations that are a little long can cause patient discomfort, especially with clinical HNP, because patients will complain of pain located in the lower back and result in suboptimal MRI images, therefore requiring a relatively faster scan time, thus requiring the GRAPPA Parallel Imaging technique which can produce good image quality with a short scanning time. The purpose of this study was to compare the GRAPPA factor acceleration value and to determine the correlation between image quality and the use of different GRAPPA factor accelerations. This study used 10 samples of patients with clinical Hernia nucleus pulposus MRI T2 Sagittal FSE examination at Indriati Solo Baru Hospital using the GRAPPA Acceleration Factor value. The results of the GRAPPA technique images on each sample were assessed for image quality quantitatively based on the SNR value and scan time. Based on the SNR value results, Acceleration Factor 1 has a higher average value compared to Acceleration Factor 2 and 3, while Scantime Acceleration Factor 2 has a shorter scanning time compared to Acceleration Factor 1 and 3. The GRAPPA technique can be applied to produce good image quality with fast scanning time.

Keywords: acceleration factor, lumbar MRI, image quality

Article history:

PUBLISHED BY:

Sarana Ilmu Indonesia (salnesia)

Address:

Jl. Dr. Ratulangi No. 75A, Baju Bodoa, Maros Baru,
Kab. Maros, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia

Email:

info@salnesia.id, jika@salnesia.id

Phone:

+62 85255155883

Submitted 05 Maret 2024
Accepted 30 Desember 2024
Published 31 Desember 2024



Abstrak

Hernia Nucleus Pulposus (HNP) merupakan penyebab paling umum nyeri punggung pada lansia. Pencitraan *Imejing* yang paling sensitif untuk melihat HNP yaitu menggunakan MRI. Pemeriksaan MRI yang sedikit lama dapat menyebabkan ketidaknyamanan pasien khususnya dengan klinis HNP, dikarenakan pasien akan mengeluhkan nyeri yang membebani di punggung bawah dan berakibat pada citra MRI yang tidak optimal, maka dari itu membutuhkan *scan time* yang relatif lebih cepat, sehingga membutuhkan teknik *Parallel Imaging* GRAPPA yang dapat menghasilkan kualitas citra yang baik dengan waktu *scanning* yang singkat. Tujuan penelitian ini untuk membandingkan nilai *acceleration factor* GRAPPA dan untuk mengetahui korelasi antara kualitas citra terhadap penggunaan *acceleration factor* GRAPPA yang berbeda. Penelitian ini menggunakan 10 sampel pasien dengan klinis Hernia nucleus pulposus pemeriksaan MRI T2 Sagittal FSE di Rumah Sakit Indriati Solo Baru dengan penggunaan nilai *acceleration factor* GRAPPA. Hasil citra teknik GRAPPA pada masing masing sampel dinilai kulaitas citranya secara kuantitatif berdasar nilai SNR dan scan time. Berdasarkan hasil nilai SNR, *acceleration factor* 1 memiliki nilai rerata lebih tinggi dibanding dengan *acceleration factor* 2 dan 3 sedangkan *scantime acceleration factor* 2 memiliki waktu *scanning* yang singkat dibanding *acceleration factor* 1 dan 3. Teknik GRAPPA dengan dapat diaplikasikan untuk menghasilkan kualitas citra yang baik dengan waktu *scanning* yang cepat.

Kata Kunci: acceleration factor, MRI lumbal, kualitas citra

*Penulis Korespondensi:

Nama, email: pandoyodanu@gmail.com



This is an open access article under the CC-BY license

PENDAHULUAN

HNP merupakan gangguan pada *discus intervertebralis*, gangguan tersebut robeknya *annulus fibrosus* dan *nucleus puposus* keluar melewati robekan tersebut, yang mana saraf disekelilingnya tertekan, sehingga menyebabkan kelemahan pada otot, gangguan sensori, dan rasa nyeri (Ikhsanawati *et al.*, 2015). Pencitraan *Imejing* yang paling sensitif untuk melihat HNP yaitu menggunakan MRI dengan tingkat akurasi 97%. *Scanning* pemeriksaan MRI yang sedikit lama dapat menyebabkan ketidaknyamanan pada klinis HNP pasien tidak mampu bertirah baring lama selama pemeriksaan dikarenakan pasien dipastikan akan mengeluhkan nyeri yang membebani di punggung bawah dan berakibat pada citra MRI yang tidak optimal, maka dari itu membutuhkan *scan time* yang relatif lebih cepat, sehingga membutuhkan teknik *Parallel Imaging* yang dapat mempercepat akuisisi citra (Aja-Fernández *et al.*, 2014).

Parallel Imaging yaitu teknik yang digunakan secara luas dengan menggunakan permukaan coil untuk merekonstruksi gambar dengan mereduksi pengambilan sampel dan *scanning* yang dipercepat (Sheng *et al.*, 2019). Untuk mengurangi waktu *scanning* dalam proses akuisisi perolehan gambaran MRI. Teknik ini dilakukan dengan cara melalui beberapa garis *phase encoding* pada *k space*, sementara arah frekuensi *encoding* masih pada *sampling* penuh (Radhakrishna *et al.*, 2025). Teknik *parallel imaging* memiliki dua teknik yaitu *Sensitivity Encoding* (SENSE) dan GRAPPA. *Generalized Autocalibrating Partially Parallel Acquisitions* (GRAPPA) salah satu teknik *parallel imaging* dengan basis rekonstruksi *k space* sebelum rekonstruksi *transformasi fourrier*. *Phase undersampling* secara langsung mengurangi waktu akuisisi namun menghasilkan

overlapping aliasing signal yang harus diuraikan. Waktu akuisisi citra MRI terutama dipengaruhi oleh sejumlah titik data yang diambil dari ruang *k space*, skema pengambilan sampel, dan metode rekonstruksi citra MRI. Hasil citra dihasilkan dari *trade-off* antara kecepatan akuisisi, resolusi spasial, rasio *signal-to-noise* (SNR), dan artefak gambar (Nikolić et al., 2025)

Parallel Imaging GRAPPA selain memiliki keuntungan dapat mempercepat waktu *scanning*, memiliki kelemahan yaitu berpengaruh terhadap nilai SNR, dimana penggunaan *acceleration factor* yang lebih tinggi biasanya diikuti dengan penurunan nilai SNR (Abraham et al., 2023). *Acceleration factor* (Rfactor) ini menyatakan jumlah elemen *phased array coils* yang akan mempengaruhi *scan time* (Xu et al., 2018).

Penelitian ini penulis ingin meneliti perubahan variasi nilai *acceleration factor* GRAPPA terhadap kualitas citra pada MRI lumbal T2 Sagittal menggunakan MRI 1,5 Tesla dengan tiga kelompok perlakuan nilai *acceleration factor* GRAPPA yang berbeda yakni *acceleration factor* 1, 1,5 dan 2 yang merupakan nilai *acceleration factor* yang tersedia sesuai spesifikasi alat, yang kaitanya untuk mengevaluasi citra pada pemeriksaan MRI lumbal terhadap SNR (*Signal to Noise Ratio*) seperti *Corpus Vertebrae*, *Discus intervertebralis*, *Medulla Spinalis*, *Cerebro Spinal Fluid (CSF)*, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai optimal dari SNR dan *Scan Time* pada penerapan nilai *Acceleration Parallel Imaging* GRAPPA pemeriksaan MRI Lumbal sagittal T2 untuk menghasilkan kualitas citra yang baik dengan waktu *scanning* yang cepat.

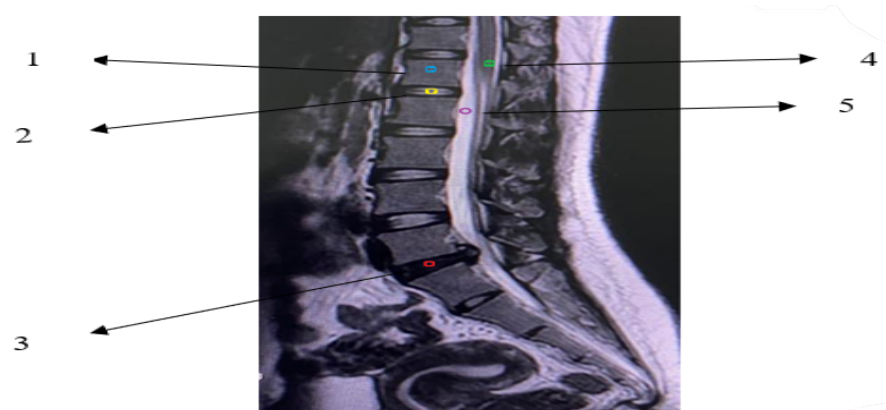
METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan prospektif. Pengambilan data dilakukan pada pasien dengan klinis HNP dengan memberikan perlakuan tiga variasi nilai *acceleration factor* GRAPPA dengan nilai 1, 1,5 dan 2. Penelitian ini telah disetujui kode etik dengan nomor 136/EA/KEPK/2023. Penelitian dilakukan di Rumah Sakit Indriati Solo Baru dalam kurun waktu 2 bulan yaitu bulan April hingga Mei 2023. Modalitas MRI yang digunakan dalam penelitian ini yaitu MRI 1,5 Tesla *Signa Explorer 16 Channel GE Healthcare System*. Sampel yang diambil dari pasien pemeriksaan MRI kasus HNP yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi di Rumah Sakit Indriati Solo Baru sebanyak 10 pasien. Kriteria inklusi meliputi pasien pemeriksaan MRI Lumbal kasus HNP dengan usia 20-60 tahun yang dilihat dari hasil dokter radiologi dan bersedia menjadi subjek penelitian, sedangkan kriteria eksklusi pasien dengan indikasi normal, pasien yang telah melakukan pembedahan (*post-op*).

Penilaian dilakukan dengan cara menilai SNR dan *Scantime* dari hasil masing-masing hasil *scanning*. Penempatan ROI dilakukan pada area *Corpus Vertebrae L1 (CV)*, *Discus intervertebralis normal I-II (DN)*, *Discus intervertebralis abnormal V-S1 (DA)*, *CSF*, dan *Medulla Spinalis (MS)* dan *background* dengan ukuran ROI 0,01 cm² (Bagus et al., 2020). Setiap organ dilakukan pengulangan ROI sebanyak sepuluh kali yang kemudian dirata-rata untuk mendapat nilai *mean* keseluruhan. Begitu juga dengan nilai *background* dilakukan pengulangan sepuluh kali, kemudian dirata-rata untuk mendapatkan nilai standart *deviasi background* keseluruhan. Nilai SNR didapatkan dari hasil bagi antara nilai *mean* pada area terukur dan nilai rata-rata standard deviasi *noise* pada area *background*.

Analisis data yang akan digunakan nanti menggunakan Uji *Friedman* dipilih karena data sampel dilakukan dengan pengukuran berulang dan pada data tersebut merupakan data berpasangan atau data yang memiliki lebih dari dua kelompok

berpasangan yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan dan perubahan nilai *acceleration* GRAPPA terhadap masing masing region pada lumbal, menggunakan uji normalitas *Shapiro Wilk* karena data pada sampel tersebut berjumlah sedikit. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Uji *Friedman* dapat dilakukan jika data tidak berdistribusi normal.



Gambar 1. Peletakan ROI citra MRI Lumbal

Keterangan:

- 1 = *Corpus Vertebra L1 (CV)*
- 2 = *Diskus Intervertebralis Normal I-II (DN)*
- 3 = *Diskus Intervertebralis Abnormal V-S1 (DA)*
- 4 = *Medulla Spinalis (MS)*
- 5 = *Cerebro Spinal Fluid (CSF)*

Evaluasi kualitatif pada hasil citra dilakukan oleh dua Dokter Spesialis Radiologi yang bersedia untuk menjadi observer atau responden dengan pengalaman lebih dari 5 tahun bekerja serta responden tidak mengetahui identitas pasien. Penilaian kualitas citra secara kualitatif menggunakan skala likert pada anatomi daerah lumbal dan penilaian ketidaktampakan artefak. Skala Likert digunakan untuk mengukur sikap, pandangan, dan persepsi seseorang atau kelompok terhadap suatu topik. Pada penelitian ini penilaian secara kualitatif menggunakan skor 1-3. Adapun bagian yang dievaluasi seperti *Corpus Vertebrae I*, *Discus intervertebralis normal I-II*, *Discus intervertebralis abnormal V-S1*, CSF, dan *Medulla Spinalis*. Untuk menilai kesepakatan *observer* maka *value* kappa minimal dengan nilai 0,6, jika nilai kappa 0,6- 0,8 maka dapat dikatakan kedua *observer* memiliki tingkat kesepakatan yang baik dan data yang akan dilakukan uji statistik hanya menggunakan satu penilaian *observer*. Jika nilai kappa <0,8 maka, kedua *observer* memiliki tingkat kesepakatan yang kurang baik namun reliabilitas kesepakatan masih baik jika nilai kappa diatas 0,6 dan data yang akan dilakukan uji statistik menggunakan penilaian dari kedua *observer*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Disajikan data distribusi hasil penelitian berdasar SNR tiap organ dan rata rata dari 10 subjek pada Tabel 1, *Corpus Vertebrae I*, *Discus intervertebralis normal I-II*, *Discus intervertebralis abnormal V-S1*, CSF, dan *Medulla Spinalis*, pada Tabel 2, disajikan data penurunan SNR berdasarkan nilai *Acceleration Factor* pada *Acceleration Factor* 1 rata-rata nilai SNR sebesar 234,512, pada *Acceleration Factor* 1,5 sebesar

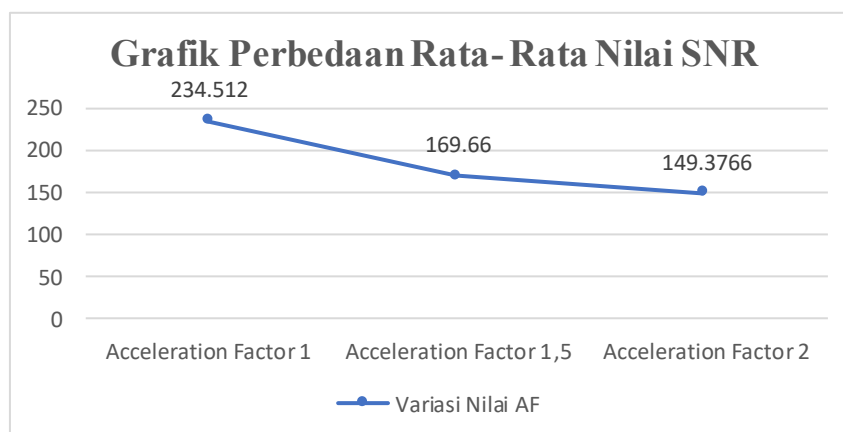
169,660 sehingga terjadi penurunan rata-rata SNR sebesar 27,7%. Pada *Acceleration Factor* 2 diperoleh SNR sebesar 149,3766 sehingga terjadi penurunan rata-rata nilai SNR sebesar 36,3%. Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan penurunan rata-rata nilai SNR pada setiap variasi *Acceleration Factor*.

Tabel 1. Distribusi hasil berdasarkan nilai SNR

Regio	Nilai SNR berdasarkan <i>Acceleration Factor</i>			Rata-rata
	AF 1	AF 1,5	AF 2	
<i>Corpus Vertebrae I</i>	209,4	148,19	138,015	165,2016667
<i>Discus intervertebralis normal I-II</i>	183,645	132,595	115,775	144,005
<i>Discus intervertebralis abnormal V-S1</i>	50,317	35,0418	27,966	37,77493333
<i>CSF</i>	548,081	397,318	349,232	431,5436667
<i>Medulla Spinalis</i>	181,117	135,157	115,895	144,0563333

Tabel 2 Penurunan SNR berdasarkan nilai *Acceleration Factor*

<i>Acceleration Factor 1</i>	<i>Acceleration Factor 1,5</i>		<i>Acceleration Factor 2</i>	
SNR	SNR	% Penurunan	SNR	% Penurunan
234,512	169,660	27,7%	149,3766	36,3%



Gambar 2. Grafik rata-rata nilai SNR MRI Lumbar pada T2 Sagittal FSE

Berdasarkan pada Tabel 3 data nilai SNR yang telah dilakukan uji *Friedman* dapat diketahui bahwa nilai asumsi signifikansi $<0,05$, sehingga dapat dikatakan terdapat perbedaan yang signifikan terhadap kualitas citra (SNR) dengan variasi nilai *Acceleration Factor* 1, 1,5 dan 2 pada citra MRI Lumbar T2 Sagittal klinis HNP. Kemudian setelah itu dilanjut dengan uji statistik *Friedman* untuk per-kriteria anatomi lumbar. Berikut adalah hasil uji *Friedman* untuk per-kriteria anatomi.

Tabel 4 hasil uji *Friedman* dapat dilihat bahwa nilai *p-value* untuk anatomi *Corpus Vertebrae I*, *Discus intervertebralis normal I-II*, *Discus intervertebralis abnormal V-S1*, *CSF*, dan *Medulla Spinalis* berada di bawah 0,05 atau dengan kata lain terdapat perbedaan nilai SNR pada ketiga variasi nilai *Acceleration Factor*.

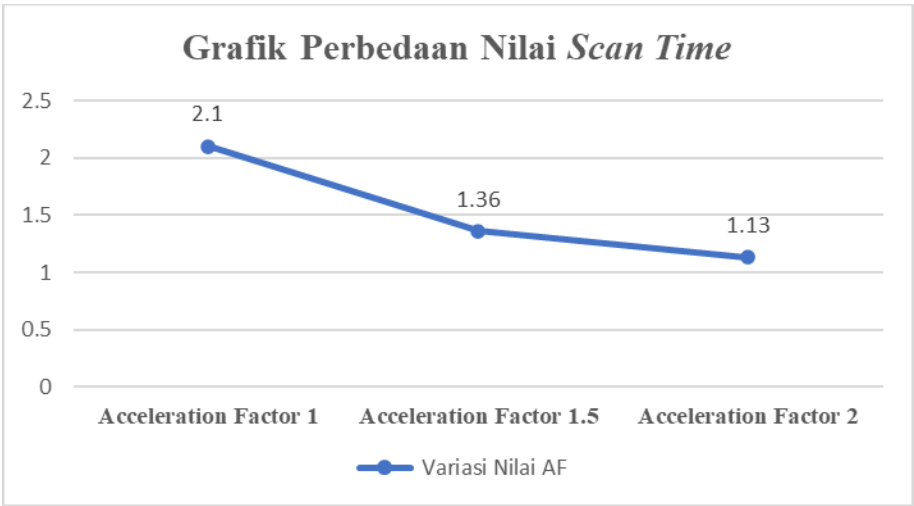
Tabel 3 Uji Friedman nilai Acceleration Factor 1, 1,5 dan 2

Acceleration Factor	Asymp. Signifikansi (p-value)	Keterangan
1 1,5 2	0,000	Ada beda

Tabel 4. Hasil uji korelasi

Regio	Koefisien Korelasi (Koefisien r)	
	AF	
	Kuantitatif	Kualitatif
Corpus Vertebrae I	-0,557	-0,797
Discus intervertebralis normal I-II	-0,552	-0,671
Discus intervertebralis abnormal V-SI	-0,774	-0,670
CSF	-0,651	-0,327
Medulla Spinalis	-0,724	-0,735

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa terdapat perbedaan *scan time* pada tiap variasi nilai *Acceleration Factor*, semakin tinggi nilai *Acceleration Factor*, semakin singkat *scan time*. Nilai reduksi *scan time* dari nilai *Acceleration Factor* 1 ke *Acceleration Factor* 1,5 sebesar 34 detik atau sebanyak 26,15%, sedangkan nilai reduksi *scan time* dari nilai *Acceleration Factor* 1,5 ke *Acceleration Factor* 2 sebesar 23 detik atau sebanyak 23,95%. Diketahui pula tingkat persentasi reduksi paling tinggi *scan time* terdapat pada nilai *Acceleration* 1 ke *Acceleration* 1,5 yaitu sebanyak 25,15%.



Gambar 3. Perbedaan *scan time* nilai Acceleration Factor 1, 1,5 dan 2

Tabel 6 ditunjukkan bahwa kesepakatan penilaian antar *observer* pada citra MRI Lumbal T2 Sagittal pada variasi nilai *Acceleration* GRAPPA memiliki kesepakatan yang baik pada citra dengan faktor akselerasi 1 dan 1,5, dan kesepakatan yang kurang baik pada citra dengan faktor *Acceleration* 2 yang ditunjukkan dengan nilai kappa 0,385. Tabel 7 bahwa kesepakatan penilaian antar *observer* pada citra MRI Lumbal T2 Sagittal pada variasi nilai *Acceleration* GRAPPA memiliki kesepakatan yang baik pada

citra dengan faktor akselerasi 1 dan 2, dan kesepakatan yang kurang baik pada citra dengan faktor akselerasi 1,5.

Tabel 4. Hasil uji *Cohen's Kappa observer* pada penilaian karakteristik citra pada variasi nilai *Acceleration Factor*

Nilai <i>Acceleration Factor</i>	Tingkat kesepakatan	Rata-rata	Jumlah data	Keterangan
1	1	3	10	Kesepakatan baik
1,5	1	3	10	Kesepakatan baik
2	0,385	2,5	10	Kesepakatan kurang baik

Tabel 5. Hasil uji *Cohen's Kappa observer* pada penilaian ketidaktampakan artefak pada variasi nilai *Acceleration Factor*

Nilai <i>Factor Acceleration</i>	Tingkat kesepakatan	Rata-rata	Jumlah Data	Keterangan
1	1	4	10	Kesepakatan baik
1,5	0,348	3,65	10	Kesepakatan kurang baik
2	1	3	10	Kesepakatan baik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai SNR paling tinggi ditunjukkan pada citra dengan nilai *Acceleration Factor* 1 dengan nilai 548,081 pada organ CSF, sedangkan citra dengan SNR paling rendah dengan nilai *Acceleration Factor* 2 dengan nilai 27,966 pada organ *Discus Intervertebralis normal I-II*. Dapat diketahui pula bahwa penurunan SNR terjadi secara berurutan, semakin tinggi nilai *Acceleration Factor* maka semakin rendah nilai SNR. Sehingga untuk mendapatkan nilai SNR yang paling optimal maka nilai *Acceleration Factor* yang digunakan yaitu 1.

Parallel Imaging MRI dengan *sequence* FSE dapat digunakan untuk mengurangi panjang rangkaian *echo* dengan faktor reduksi pMRI, faktor reduksi yang pada gilirannya memungkinkan *scanning* memiliki lebih banyak irisan dengan TR yang diberikan, hal ini dapat menggunakan *Parallel Imaging* dengan *sequence* FSE untuk mengurangi waktu akuisisi *echo-train*, meminimalkan keburaman yang bergantung pada pembobotan T2 (Yanasak et al., 2015).

Pada penelitian ini, telah terbukti bahwa nilai SNR berhubungan secara langsung terhadap penggunaan teknik *Parallel Imaging* karena apabila teknik *Parallel Imaging* digunakan akan mempengaruhi nilai SNR, semakin tinggi nilai *Acceleration Factor* yang digunakan maka semakin tinggi juga *noise* yang dihasilkan, *Acceleration Factor* berpengaruh terhadap hilangnya *pixel by pixel* saat rekonstruksi citra. Hal ini juga dijelaskan pada penelitian Sheng et al. (2019) bahwa, *Acceleration Factor* yang rendah mengandung *image noise* yang sedikit dibanding *Acceleration Factor* tinggi. Sistem kerja *Parallel Imaging* (GRAPPA) menggunakan Sinyal *Auto Calibration* dan *Convolution Kernel* atau lingkungan titik di *k-space* untuk melakukan rekonstruksi garis yang hilang di *k-space*. Metode akuisisi data pada GRAPPA dengan cara mengisi informasi yang hilang dari *undersampled k-space* (Knoll et al., 2020). Namun keterbatasan dari *Parallel Imaging* meliputi pengurangan SNR dan rekonstruksi (Xu et al., 2018)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *scan time* yang paling optimal adalah dengan menggunakan *Acceleration Factor* 2, yaitu dengan waktu 1 menit 13 detik. Nilai reduksi *scan time* dari nilai *Acceleration Factor* 1 ke *Acceleration Factor* 1,5 sebesar 34

detik atau sebanyak 26,15%, sedangkan nilai reduksi *scan time* dari nilai *Acceleration Factor* 1,5 ke *Acceleration Factor* 2 sebesar 23 detik atau sebanyak 23,95%. Diketahui pula tingkat persentasi reduksi paling tinggi *scan time* terdapat pada nilai akselerasi 1 ke akselerasi 1,5 yaitu sebanyak 25,15%. Sehingga untuk mendapatkan nilai *scan time* yang paling optimal maka nilai *Acceleration Factor* yang digunakan yaitu 2. Nilai *scan time* didapatkan dalam satu kali akuisisi berdasarkan variasi nilai GRAPPA yaitu 1, 1,5, dan 2. *Scan time* adalah waktu untuk menyelesaikan akuisisi data atau waktu untuk mengisi *k-space*. *Scan time* dipengaruhi oleh TR, NSA, ETL, dan *phase matrix*. Penurunan *scan time* pada penggunaan variasi nilai *Acceleration Factor* dalam hasil penelitian ini sesuai dengan Knoll et al. (2020), bahwa pencitraan dengan teknik *parallel imaging* digunakan untuk mempercepat akuisisi data, sehingga waktu pemeriksaan dapat berkurang. Diperkuat pula dengan Runge et al. (2014) bahwa *parallel imaging* biasanya digunakan untuk mengurangi waktu akuisisi MRI dengan kerugian pada SNR. Seperti dalam hasil penelitian diketahui bahwa semakin tinggi nilai *Acceleration Factor* yang digunakan maka *scan time* akan lebih cepat.

Perubahan *scan time* yang berurutan sebanding dengan variasi nilai *Acceleration Factor*, yaitu semakin tinggi *Acceleration Factor* maka semakin singkat *scan time*. Performa *parallel imaging* GRAPPA dari segi waktu rekonstruksi sangat bergantung pada perangkat keras yang mendasarinya. Sedangkan, mengurangi waktu rekonstruksi dapat menghasilkan peningkatan dalam *frame rate* pencitraan. Hal ini karena waktu rekonstruksi adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk memproses dan merekonstruksi data mentah menjadi gambar, dan waktu rekonstruksi yang lebih singkat memungkinkan lebih banyak gambar yang diproses dan direkonstruksi dalam waktu tertentu. Hal ini, pada gilirannya, dapat menghasilkan gambar yang lebih berkualitas (Basit et al., 2023).

Teknik *parallel imaging* khususnya dengan *Acceleration Factor* ini menurut penulis perlu digunakan untuk mereduksi *scan time*, karena *scan time* yang lebih singkat akan mengurangi resiko pasien untuk bergerak selama waktu pemeriksaan akibat rasa nyeri yang ditimbulkan serta dapat mengurangi resiko pergerakan yang ditimbulkan oleh rasa takut pasien saat pemeriksaan berlangsung. Efektifitas waktu pada pelayanan radiologi juga meningkat dikarenakan penggunaan teknik *parallel imaging* (GRAPPA) membuat pemeriksaan MRI lebih singkat, mencegah pengulangan pemeriksaan, dan mencegah adanya motion artefak pada pergerakan pasien selama pemeriksaan, khususnya pasien dengan klinis *Hernia Nucleus Pulposus* (HNP).

Penelitian ini kemunculan artefak juga diamati oleh kedua observer. Dapat terlihat bahwa kedua observer memberikan rata-rata nilai kemunculan artefak yang berbeda sebanding dengan variasi nilai *Acceleration Factor*. Pencitraan *parallel imaging* digunakan di hampir semua pencitraan klinis untuk mempercepat pengumpulan data, namun terdapat sejumlah artefak yang dapat muncul apabila algoritme pencitraan *parallel imaging* gagal menyelesaikan *aliasing* secara sempurna akibat *undersampling* (Nguyen dan Hien, 2019). Peningkatan *noise* adalah salah satu artefak yang umum terlihat dalam pencitraan paralel. Meskipun beberapa penurunan SNR diharapkan terjadi pada pencitraan paralel, namun artefak ini mengacu pada penurunan SNR yang dramatis pada wilayah tertentu pada *image* (Cummings et al., 2022). Hal ini dijelaskan juga pada penelitian oleh (Hamilton et al., 2017) di mana banyaknya jumlah *undersampling* dipengaruhi oleh *Acceleration Factor* R, dalam hal ini *undersampling* didefinisikan sebagai rasio antara jumlah titik *k-space* pada *fully-sampled* data dibandingkan dengan data *undersampling*. *Undersampling* meningkatkan jarak antara garis *k-space* yang berdekatan, yang menurunkan FOV efektif sehingga menghasilkan artefak *aliasing*

yang koheren di mana replikasi objek muncul pada interval jarak yang sama dalam gambar FOV yang diperkecil, dengan jumlah replikasi sama dengan *Acceleration Factor*. Metode *Parallel imaging* dapat menimbulkan artefak baru, banyak dari artefak ini dapat dihindari dengan memodifikasi protokol (Yanasak dan Kelly, 2014).

KESIMPULAN

Pemeriksaan MRI Lumbal Sagittal T2 FSE pada klinis HNP dengan teknik GRAPPA terdapat perbedaan kualitas hasil citra berdasarkan nilai *Acceleration Factor* 1, 1,5 dan 2. Penggunaan nilai *Acceleration Factor* mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai SNR hasil citra pada organ yang dievaluasi. Untuk mendapatkan kualitas citra SNR yang optimal dapat menggunakan nilai *Acceleration Factor* 1, tetapi pada pasien yang tidak kooperatif dan merasakan kesakitan pada tulang punggung bawah menggunakan nilai *Acceleration Factor* 2 dapat dijadikan pilihan alternatif dengan waktu *scanning* yang singkat. Penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variasi nilai *Acceleration* GRAPPA serta dapat diimplementasikan dengan *Artificial Intelligence* (AI) dengan menggunakan modalitas *imaging* MRI dengan tesla yang lebih tinggi dari pada 1,5 tesla, sehingga mampu mengetahui kemampuan *parallel imaging* teknik GRAPPA lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam melakukan penelitian ini, kepada Rumah Sakit Indriati Solo Baru yang telah mengizinkan penelitian ini dilakukan, dan kepada Tim Radiologi Rumah Sakit Indriati Solo Baru. Peneliti menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan dengan pihak-pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham D, Nishimura M, Cao X, Liao C, Setsompop K. 2023. Implicit Representation of Grappa Kernels for Fast Mri Reconstruction. Cornell University, 1: 1-24. <https://arxiv.org/abs/2310.10823>
- Aja-Fernández S, Ferrero VS, Vega AT. 2014. Noise Estimation in Parallel MRI: GRAPPA and SENSE. *Magnetic Resonance Imaging*, 32(3): 281-290. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2013.12.001>.
- Bagus MYB, 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. *Jurnal Radiografer Indonesia*, 3(1): 5-12. <https://doi.org/10.55451/Jri.V3i1.53>
- Basit A, Inam O, Omer H. 2023. Accelerating GRAPPA Reconstruction Using SoC Design for Real-Time Cardiac MRI. *Computers in Biology and Medicine*, 160: 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2023.107008>.
- Cummings E, Macdonald, JA, Seiberlich N. 2022. Chapter 6 - Parallel Imaging. *Advances in Magnetic Resonance Technology and Applications*, 7: 129-157. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822726-8.00016-6>.
- Hamilton J, Franson D, Seiberlich N. 2017. Recent Advances in Parallel Imaging for MRI. *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy*, 101: 71-95. <https://doi.org/10.1016/J.Pnmrs.2017.04.002>.

- Ikhsanawati A, Tiksnadi B, Soenggono A, Hidajat NN. 2015. Herniated Nucleus Pulposus in Dr. Hasan Sadikin General Hospital Bandung Indonesia. *Althea Medical Journal*, 2(2): 179-185. <https://doi.org/10.15850/Amj.V2n2.568>.
- Knoll F, Hammernik K, Zhang C, Moeller S, Pock T, Sodickson DK, Akcakaya M. 2020. Deep-Learning Methods for Parallel Magnetic Resonance Imaging Reconstruction: A Survey of The Current Approaches, Trends, and Issues. *IEEE Signal Processing Magazine*, 37(1): 128-140. <https://doi.org/10.1109/Msp.2019.2950640>
- Nguyen KTK, Hien MN. 2019. A Comparison Study of Grappa and Generalized Series Methods for Parallel MRI at High Acceleration Factor. [Prosiding]. 2019 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference, Apsipa. <https://doi.org/10.1109/Apsipaasc47483.2019.9023117>.
- Nikolić O, Nikolić MB, Pantelic M, Till V, Stojanovic S, Molnar U. 2025. Compressed Sense Acceleration Factor Influence on Magnetic Resonance Image Quality in Patients with Endometrial Cancer. *European Journal Of Medical Physics*, 130: 1-15. <https://doi.org/10.1016/J.Ejmp.2025.104899>
- Radhakrishna CG, Vignaud A, Bertrait M, Massire A, Bottlaender M, Ciuciu P. 2025. Bringing Grappa to Non-Cartesian MRI Through Sparkling: An Application to Mprage Anatomical MRI. *Hal Science Ouverte*, 1-8. <https://hal.science/hal-04885977v1>
- Runge VM, Nitz WR, Trelles M, Goerner FL. 2014. *The Physics of Clinical Mr Taught Through Images*. India: Thieme Publisher.
- Sheng J, Wang B, Ma Y, Liu Q, Liu W, Chen B, Shao M. 2019. Improved Parallel Mr Imaging with Accurate Coil Sensitivity Estimation Using Iterative Adaptive Support. *Biomedical Signal Processing and Control*. *Biomedical Signal Processing and Control*, 51: 73-81. <https://doi.org/10.1016/J.Bspc.2019.02.001>.
- Xu L, Zheng Q, Jiang T. 2018. Improved Parallel Magnertic Resonance Imaging Reconstruction with Complex Proximal Support Vector Regression. *Scientific Reports*, 8(1): 1-9. <https://doi.org/10.1038/S41598-018-33171-X>.
- Yanasak N, Chair T, Clarke. G., Chair Ft, Stafford Rj, Goerner F, Steckner M, Bercha I, Och J, Amurao M. 2015. Parallel Imaging in MRI: Technology, Applications, and Quality Control. *American Association of Physicists in Medicine*, 118: 1-43. https://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_118.pdf
- Yanasak NE, Kelly MJ. 2014. Mr Imaging Artifacts and Parallel Imaging Techniques with Calibration Scanning: A New Twist on Old Problems. *Radiographics*, 34(2): 532-548. <https://doi.org/10.1148/Rg.342135051>.