

Analisis Komparasi Tanpa dan dengan Teknik *Sensitivity Encoding* (SENSE) terhadap *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Scan Time Axial T2 Flair MRI Kepala*

Comparative Analysis Without and With Sensitivity Encoding (SENSE) on Signal to Noise Ratio (SNR) and Scan Time of Axial T2 Flair MRI Brain

Diah Ranu Etikasari^{1*}, Muhaimin², Eunike Serfina Fajarini³

^{1,2} Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan, Departemen Kesehatan, Fakultas Vokasi, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia

³ Application Specialist MRI, GE Healthcare Indonesia, Jakarta, Indonesia

Abstract

T2 FLAIR has a long scanning time, because T2 FLAIR has additional TI (Time of Inversion) so patients feel uncomfortable. The SENSE produces image quality, namely contrast and spatial resolution, which is the same as standard image reconstruction, but the scan time required is only half of the standard scan time. This research aimed to determine the difference between SENSE and non-SENSE techniques in axial T2 FLAIR MRI Brain on SNR values and scan time. This study used 16 samples from all patients with T2 FLAIR axial MRI brain at Gambiran Hospital using SENSE and non-SENSE techniques. The results of the image were evaluated by quantitative method, by giving ROI (Region of Interest) to the cerebral cortex, basal ganglia, thalamus and noise background, then the signal intensity obtained from the organ image and the standard deviation (SD) of the background of the image was calculated by dividing the average signal of the measured area by SD at the noise to obtain the SNR value. The results of the SNR value were analyzed by the Paired T-Test and tested with the SPSS version 25. There was a difference between the SENSE and non-SENSE techniques in the axial T2 FLAIR MRI brain to the SNR value. This difference is because the T2 FLAIR non-SENSE does not experience the reduction in phase encoding lines needed to fill the image k-space on each coil element, a potential deficiency is met by the elimination of wrapping information that results in high image resolution spatial.

Keywords: scan time, sense, snr, t2 flair

Article history:

Submitted 13 Oktober 2023

Accepted 30 Agustus 2024

Published 31 Agustus 2024

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



Abstrak

T2 FLAIR mempunyai waktu *scanning* yang lama, dikarenakan pada T2 FLAIR ada penambahan TI (*Time of Inversion*) sehingga pasien merasa kurang nyaman. Teknik SENSE menghasilkan kualitas citra yaitu kontras serta spasial resolusi yang sama dengan rekonstruksi citra yang standar tetapi *scan time* yang dibutuhkan hanya separuh dari *scan time* standar. Mengetahui perbedaan teknik SENSE dan tanpa SENSE pada axial T2 FLAIR MRI Kepala terhadap nilai SNR dan *scan time*. Penelitian ini menggunakan 16 sample pasien dari seluruh pasien pemeriksaan MRI Kepala axial T2 FLAIR di RSUD Gambiran dengan penggunaan teknik SENSE dan tanpa SENSE. Hasil citra dievaluasi dengan metode kuantitatif, dengan memberi ROI (*Region of Interest*) pada *cortex cerebri*, *basal ganglia*, *thalamus* dan *noise background*, kemudian intensitas sinyal yang didapat dari citra organ dan *standar deviasi* (SD) *background* citra dihitung dengan cara membagi sinyal rata rata daerah terukur dengan SD pada *noise* untuk memperoleh nilai SNR. Hasil nilai SNR dianalisa dengan uji Paired T-Test dan diuji dengan SPSS versi 25. Ada perbedaan teknik SENSE dan tanpa SENSE pada axial T2 FLAIR MRI Kepala terhadap nilai SNR. Perbedaan tersebut dikarenakan T2 FLAIR tanpa SENSE tidak mengalami pengurangan baris *phase encoding* yang dibutuhkan untuk mengisi *k-space* citra pada setiap elemen koil, defisiensi potensial dipenuhi oleh penghilangan informasi *wrapping* yang menghasilkan spasial resolusi citra tinggi.

Kata Kunci: scan time, sense, snr, t2 flair

*Penulis Korespondensi:

Diah Ranu Etikasari, email: r444nu@gmail.com



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

PENDAHULUAN

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah salah satu dari modalitas pemeriksaan diagnostik yang dapat menghasilkan irisan anatomi tubuh secara *multiplanar* (Cleary dan Guimarães, 2014). Terdapat istilah dalam pencitraan MRI yaitu pulsa sekuen. Setiap sekuen akan memiliki sejumlah parameter dan beberapa sekuen dikelompokkan menjadi protokol MRI (Westbrook *et al.*, 2019). Menurut Westbrook C (2022) protokol pemeriksaan MRI kepala pada potongan *sagittal* yang digunakan adalah sekuen T1 *turbo spin echo* (TSE), untuk potongan *axial* yang digunakan adalah sekuen T2 *weighted turbo spin echo* (TSE), T2 FLAIR juga T1 *weighted* sedangkan potongan *coronal* yang digunakan adalah sekuen T2 *turbo spin echo* (TSE). Sekuen FLAIR (*Fluid Attenuated Inversion Recovery*) adalah variasi lain dari pulsa *Inversion Recovery* (IR) dengan *Time Of Inversion* (TI) yang lama. Hal ini dapat menghilangkan sinyal dari *cerebrospinal fluid* dalam gambar yang dihasilkan. Jaringan otak pada gambar FLAIR tampak mirip dengan hasil gambar dari T2W dengan *grey matter* lebih terang dari pada *white matter* tetapi CSF terlihat lebih gelap (Niknejad MT, 2013).

MRI memiliki keterbatasan pada kecepatan waktu pemeriksaan, karena masalah teknis dan fungsi terkait pada gradient magnet (Morelli *et al.*, 2011). Pada pemeriksaan MRI kepala sering dijumpai pasien yang kurang nyaman dikarenakan lamanya pemeriksaan sehingga mengakibatkan citra yang dihasilkan menjadi kurang optimal serta mengurangi informasi diagnostik. Salah satu cara agar waktu pemeriksaan dapat diturunkan yaitu dengan menggunakan teknik *parallel imaging*. *Parallel MRI* (pMRI) adalah teknik yang digunakan untuk mempercepat waktu akuisisi data MRI.

Penggunaan lintasan non-cartesian dapat memungkinkan cakupan k-space yang lebih efisien, dan hal itu yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi scan time (Wright *et al.*, 2014).

Salah satu teknik *parallel imaging* yang biasa digunakan adalah SENSE. Dengan menggunakan teknik SENSE maka scan time dapat dipercepat akan tetapi *signal to noise ratio* (SNR) terdegradasi. Hal ini disebabkan akumulasi energi sinyal berkurang karena berkurangnya jumlah sampel k-space dan noise diperkuat selama akuisisi. Amplifikasi noise berasal dari perumusan proses rekonstruksi pMRI secara terbalik. Namun demikian amplifikasi noise dapat dikurangi dengan menerapkan algoritma MRI parallel fase constraint sehingga dapat dikurangi sampai setengahnya yang mengarah pada perbaikan kondisi masalah rekonstruksi (Blaimer *et al.*, 2015).

Parameter yang mempengaruhi kualitas citra MRI yaitu SNR (*Signal to Noise ratio*), CNR (*Contrast to Noise Ratio*), *spatial resolution* dan *scan time*. SNR (*Signal to Noise Ratio*) adalah rasio dari amplitudo sinyal yang diterima dengan amplitudo rata-rata pada *background noise*. Nilai SNR akan sangat bergantung pada sinyal yang diperoleh dari organ, semakin tinggi nilai sinyal pada organ yang dinilai maka nilai dari SNR akan semakin tinggi. Scan Time adalah waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan akuisisi data. Scan time sangat penting diperhatikan karena dengan waktu pemeriksaan yang lama, kemungkinan adanya pergerakan pasien selama akuisisi dapat terjadi sehingga dapat mempengaruhi kualitas citra yang dihasilkan (Westbrook *et al.*, 2019).

Di Unit Instalasi Radiologi Rumah Sakit Umum daerah Gambiran Kota Kediri, protokol pemeriksaan MRI kepala sekuen T2 FLAIR tidak menggunakan teknik SENSE, padahal secara teori penggunaan teknik SENSE memiliki keuntungan dari segi scan time yang menjadi lebih singkat. Dibandingkan sekuen untuk pemeriksaan MRI kepala rutin potongan axial lainnya, seperti DWI (*Diffusion Weighted Imaging*) dengan waktu, T2-TSE (*Turbo Spin Echo*), T1-TSE (*Turbo Spin Echo*), dan T2-FFE (*Fast Field Echo*), sekuen T2 FLAIR (*Fluid Attenuated Inversion Recovery*) mempunyai waktu *scanning* yang lama yaitu sekitar 5,08 menit, hal ini dikarenakan pada sekuen T2 FLAIR ada penambahan TI (Time of Inversion) sehingga *motion artifact* sering terjadi dikarenakan pasien merasa kurang nyaman akibat lamanya pemeriksaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan teknik SENSE maupun tanpa teknik SENSE pada potongan axial sequence T2 FLAIR MRI Kepala terhadap nilai SNR dan scan time

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental. Pengambilan data dilakukan pada 1 Maret 2023 – 30 Maret 2023 di Unit Radiologi RSUD Gambiran Kota Kediri. Populasi dan sampel penelitian adalah citra MRI kepala dari 2 kelompok citra T2 FLAIR antara penggunaan teknik SENSE dan tanpa penggunaan teknik SENSE dari 16 pasien, dengan kriteria inklusi adalah pasien dengan permintaan pemeriksaan MRI Kepala, kooperatif, pasien dewasa laki-laki dan perempuan umur 17 tahun keatas, serta bersedia untuk menjadi responden sedangkan kriteria eksklusi adalah pasien dengan penurunan kesadaran, gangguan jiwa, retardasi mental serta pasien ibu hamil.

Teknik *parallel imaging* yang dipakai pada penelitian ini SENSE dengan R factor yang digunakan adalah bernilai 2 berdasarkan dari beberapa jurnal (Deshmane *et al.*, 2012; Setsompop *et al.*, 2012; Grover *et al.*, 2015; Hyun *et al.*, 2018). Sedangkan R factor didefinisikan sebagai rasio dari jumlah data k-space yang diperlukan untuk

gambar sampel sepenuhnya dengan jumlah yang dikumpulkan dalam akuisisi yang dipercepat.

Penilaian citra MRI Kepala untuk penghitungan SNR dilakukan dengan menggunakan software dengan peletakan ROI (*Region of Interest*) masing-masing sebanyak 10 kali pada citra T2 FLAIR MRI kepala baik menggunakan teknik SENSE ataupun tidak menggunakan teknik SENSE pada anatomi *Cortex Cerebri*, *Thalamus* dan *Basal Ganglia* serta pada *noise background*. Menurut Chian *et al.* (2017) penghitungan nilai SNR menggunakan rumus

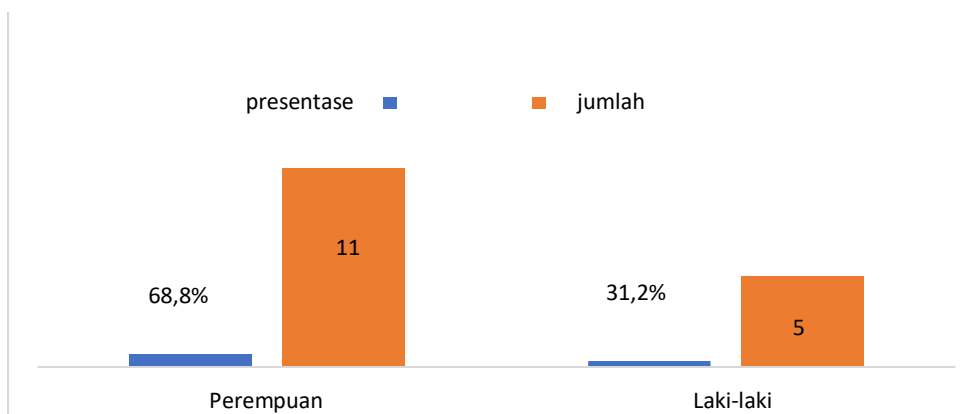
$$SNR = \frac{\text{Signal rata-rata(mean)}}{\text{Standar deviasi dari noise background}}$$

Penilaian citra untuk penghitungan nilai *scan time* dilakukan dengan menggunakan penghitung waktu *scanning* pada monitor *workstation*. Analisis data dilakukan dengan uji statistik menggunakan SPSS 25 dengan uji Shapiro-Wilk dikarenakan data yang digunakan dibawah 50, untuk mengetahui data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Selanjutnya dilakukan uji Paired T Test karena data berjenis interval, data bersifat parametrik, data berpasangan, dan terdiri dari dua kelompok sampel yaitu penggunaan teknik SENSE dan tanpa penggunaan teknik SENSE.

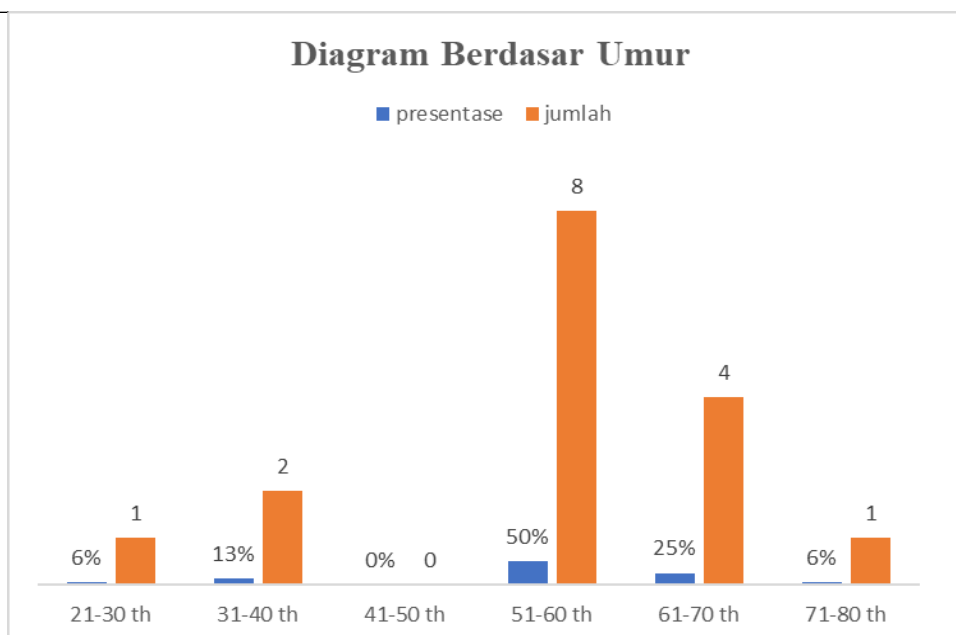
Analisis secara deskriptif untuk menilai *scan time* tidak dilakukan dikarenakan perbedaan *scan time* dapat dicatat dan dianalisis secara langsung berdasarkan *scan time* yang berjalan saat pemeriksaan serta data yang tetap (tidak variatif) sehingga tidak dapat dilakukan dengan SPSS. Penelitian ini sudah lolos kelayakan uji etik dengan nomor: 89/EA/KEPK/2023

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan terhadap 16 pasien pada pemeriksaan MRI kepala berjenis kelamin laki laki dan perempuan, dengan rentang usia <75 tahun. Berdasar data pasien bahwa usia pasien yang paling muda adalah 28 tahun sedangkan yang paling tua adalah 73 tahun. Persentase berdasar jenis kelamin untuk perempuan adalah 68,8% dan laki-laki adalah 31,2 , sedangkan persentase berdasar umur untuk umur 21-30 th adalah 6%, umur 31-40 th adalah 13%, umur 41-50 th adalah 0%, umur 51-60 th adalah 25% dan untuk umur 71-80 th adalah 6%.



Gambar 1. Diagram berdasar jenis kelamin



Gambar 2. Diagram berdasar umur

Hasil kualitas citra berupa nilai SNR dianalisa pada MRI Kepala potongan axial sekuen T2 FLAIR antara penggunaan SENSE dan tanpa SENSE dengan cara menghitung nilai SNR melalui peletakan ROI (*Region of Interest*) pada citra organ dan *background* citra. Pemberian ROI menghasilkan sinyal dari citra organ dan standar deviasi (SD) dari *background* citra. Nilai yang telah didapatkan kemudian dihitung agar didapatkan nilai SNR dengan cara membagi sinyal rata rata daerah terukur dengan *standar deviasi* pada *noise* (daerah *background*). Pemberian ROI pada citra gambar disematkan pada *cortex cerebri*, *basal ganglia* and *thalamus*.

Setelah hasil citra diperoleh, maka dilakukan peletakan ROI pada potongan axial T2 FLAIR MRI kepala pada anatomi *cortex cerebri*, *basal ganglia* and *thalamus*. Diberikan 10 ROI dengan ukuran 1 mm² pada seluruh segmen tiap anatomi yaitu *cortex cerebri*, *basal ganglia* dan *thalamus*. Kemudian untuk *noise (background)* dilakukan ROI di luar objek. Kemudian setelah nilai ROI pada setiap pasien dan anatomi keluar, maka dihitung nilai rata rata dari *mean* pada hasil ROI di setiap segmen anatomi yaitu *cortex cerebri*, *basal ganglia* dan *thalamus* serta rata rata nilai SD (Standar Deviasi) dari *background*. Selanjutnya nilai SNR dihitung dengan membagi nilai rata-rata dari *mean* setiap segmen anatomi kepala dengan nilai rata rata dari nilai SD (Standar Deviasi) dari *background* citra, kemudian hasil nilai SNR per sample ditambahkan dan di rata rata dengan jumlah sampel.

Tabel 1. Hasil pengukuran rata rata dan simpangan baku nilai SNR MRI kepala dari masing masing anatomi

ORGAN	Rata-rata dan simpangan baku nilai SNR	
	Tanpa SENSE	SENSE R FACTOR 2
Cortex Cerebri	1112,83±184,64	498,65±79,16
Basal Ganglia	1272,90±102,99	593,7031±83,08
Thalamus	1247,97±112,15	571,73±76,10
Rata-Rata	1207,06±71,87	570,76±42,86

Hasil nilai SNR dianalisa dengan uji Paired T-Test digunakan karena data berjenis interval, data bersifat parametrik, data berpasangan, dan terdiri dari dua kelompok sampel yaitu penggunaan teknik SENSE dan tanpa penggunaan teknik SENSE. Sebelum dilakukan uji Paired T-Test dilakukan uji normalitas terlebih dahulu. Uji normalitas pada data hasil pengukuran SNR digunakan dalam menentukan distribusi data tersebut normal ataukah tidak. Untuk uji normalitas pada penelitian ini menggunakan uji normalitas shapiro wilk karena sampel data yang digunakan kurang dari 50. Data dikatakan berdistribusi normal jika nilai α value $> 0,05$ (Notoadmodjo, 2014).

Tabel 2. Hasil uji normalitas hasil SNR dengan uji normalitas shapiro wilk

ORGAN	<i>p-value (sig)</i>	
	TANPA SENSE	SENSE R FACTOR 2
Cortex Cerebri	0,931	0,421
Basal Ganglia	0,187	0,404
Thalamus	0,177	0,070

Keterangan: Uji normalitas, normal jika $p\text{-value} > 0,05$

Karena hasil uji normalitas semua mempunyai nilai $p\text{-value} > 0,05$ yang dapat diasumsikan bahwa data berdistribusi normal, maka dapat dilanjutkan dengan uji *Paired T test*.

Tabel 3. Hasil SPSS uji Paired T test nilai SNR

Anatomi	Teknik	<i>p-value</i>	Keterangan
Cortex Cerebri	SENSE	0,000	Ada Beda
	Tanpa SENSE		
Basal Ganglia	SENSE	0,000	Ada Beda
	Tanpa SENSE		
Thalamus	SENSE	0,000	Ada Beda
	Tanpa SENSE		

Keterangan: Uji *Paired T*, signifikan jika $p\text{-value} < 0,05$

Dari hasil SPSS Paired T test , nilai SNR secara keseluruhan adalah $< 0,05$. Bahwa H_0 ditolak. Hal ini bermakna bahwa terdapat perbedaan dalam teknik SENSE maupun tanpa teknik SENSE pada potongan axial sequence T2 FLAIR MRI Kepala terhadap nilai SNR. Perbedaan scan time dan reduksi waktu pada pemeriksaan MRI kepala axial sekuen T2 FLAIR pada penggunaan SENSE dan tanpa SENSE dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Hasil scan time dan reduksi waktu antara menggunakan teknik SENSE dengan R factor 2 dan tanpa menggunakan teknik SENSE

Scan Time	
Tanpa SENSE	05.08 menit
SENSE R FACTOR 2	02.08 menit
Reduksi Waktu	3 menit

Pada penghitungan nilai SNR yang sudah dilakukan pada tabel hasil pengukuran rata rata dan simpangan baku nilai SNR MRI kepala dari masing masing anatomi , terdapat perbedaan nilai SNR yang dihasilkan yaitu nilai mean SNR dengan menggunakan teknik SENSE adalah $570,76 \pm 42,86$ dB sedangkan nilai mean SNR tanpa menggunakan teknik SENSE adalah $1207,10 \pm 71,87$ dB. Berdasarkan hasil yang diperoleh terdapat perbedaan antara menggunakan teknik SENSE dengan tidak menggunakan teknik SENSE dimana dengan menggunakan teknik SENSE nilai SNR yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan yang tanpa menggunakan teknik SENSE. Nilai SNR yang menurun ketika teknik SENSE digunakan seiring dengan akar kuadrat faktor percepatan. Efek ini dikenal dengan perataan *Fourier* dalam pemrosesan sinyal, dimana SNR berskala dengan akar kuadrat jumlah pengukuran (Hamilton et al., 2017). Penurunan nilai SNR bernilai $1/1,41$ pada T2 FLAIR dikarenakan penggunaan *reduction factor* 2 (R faktor 2) dan geometry faktornya adalah 1. Faktor geometry atau “g-factor” yang selalu lebih besar atau sama dengan satu muncul dari property dan geometri dari susunan kumparan penerima (Deshmane et al., 2012). Hal ini berdasarkan pernyataan dari Aja-Fernández et al. (2014) bahwa nilai SNR pada citra dengan teknik SENSE dibandingkan dengan nilai SNR dari citra standar tanpa penggunaan teknik SENSE akan mengikuti rumus

$$\text{SNR SENSE} = \text{SNRFULL(STANDAR)} / g\sqrt{R}.$$

Berdasarkan uji statistik yang telah dilakukan. Setelah semua data berdistribusi normal maka dapat dilanjutkan dengan uji Paired T test. Hasil uji Paired T-Test ditentukan dengan melihat dan mengetahui nilai *sign (2 tailed)*. Untuk hasil uji Paired T-Test, diketahui bahwa semua hasil nilai α -value adalah $<0,05$. Sehingga dapat dikatakan bahwa H_a diterima dan H_0 ditolak. Dimana hal ini diartikan bahwa ada perbedaan teknik SENSE terhadap SNR dalam pemeriksaan MRI kepala potongan axial sekuen T2 FLAIR. Perbedaan tersebut dikarenakan sekuen T2 FLAIR tanpa SENSE tidak mengalami data k-space yang sampelnya diambil dalam arah *phase – encoding* untuk mengurangi *scan time*, faktor percepatan atau *reduction factor* (R) didefinisikan sebagai rasio dari jumlah data k-space yang diperlukan untuk gambar sampel sepenuhnya dengan jumlah yang dikumpulkan dalam akuisisi yang dipercepat. Sebaliknya data yang diperoleh menggunakan *coil phased array* dan menggunakan algoritma khusus yang digunakan untuk menggabungkan data *undersampled* dari masing masing kumparan penerima menjadi gambar rekonstruksi alias dengan FOV penuh (Deshmane et al., 2012).

Berdasarkan pemaparan diatas penggunaan teknik SENSE pada potongan aksial T2 FLAIR MRI kepala meskipun nilai SNR mengalami penurunan akan tetapi dengan langkah langkah dalam pengurangan baris *phase encoding* yang dibutuhkan untuk mengisi *K space* citra pada setiap elemen *coil*, serta penggunaan algoritma khusus yang digunakan untuk menggabungkan data *undersampled* maka dapat menghasilkan pengurangan waktu dalam akuisisi gambar oleh karena itu tingkat kenyamanan pasien bertambah sehingga kemungkinan adanya artefak dari pergerakan pasien dapat dikurangi.

Salah satu cara untuk mengurangi waktu pemindaian adalah *undersampling* yaitu dengan melewati beberapa garis *K space* selama akuisisi data (Khalil et al., 2021). Meskipun faktor percepatan maksimum ditentukan oleh jumlah channel coil, noise dan keterbatasan coil, dengan pengembangan multi-channel RF coil, maka dapat

merekonstruksi gambar dari data k-space multi-channel, yang diambil sampelnya pada kecepatan yang lebih rendah dari pada kecepatan frekuensi Nyquist yang diperlukan untuk FOV yang spesifik dengan informasi tambahan pada peta sensitivitas pada semua channel coil (Liu *et al.*, 2012). SENSE adalah algoritma pMRI yang memanfaatkan informasi sensitivitas coil penerima untuk merekonstruksi citra solusi dari *undersampled* yang diperoleh. Estimasi akurat informasi sensitivitas coil penerima memainkan peran kunci dalam rekonstruksi SENSE (Khalil *et al.*, 2021).

Berdasarkan tabel *scan time* dan reduksi waktu antara menggunakan teknik SENSE dengan Rfactor 2 dan tanpa menggunakan teknik SENSE, memperlihatkan bahwa terdapat selisih *scan time* antara menggunakan teknik SENSE dan tanpa menggunakan teknik SENSE yaitu 3 menit. Jadi dengan menggunakan teknik SENSE dapat menghemat waktu pemeriksaan sebanyak 3 menit, yang sebelumnya tanpa menggunakan teknik SENSE waktu yang dibutuhkan adalah 05.08 menit sedangkan setelah menggunakan teknik SENSE menjadi 02,08 menit. Sesuai dengan pemaparan diatas penggunaan teknik SENSE pada potongan aksial T2 FLAIR MRI kepala dinilai lebih baik dalam mengurangi pergerakan pasien atau *motion artifact* dikarenakan dapat mengurangi waktu pemeriksaan sampai dengan 3 menit.

KESIMPULAN

Ada perbedaan teknik SENSE maupun tanpa teknik SENSE pada potongan axial sequence T2 FLAIR MRI Kepala terhadap nilai SNR. Perbedaan tersebut dikarenakan sequence T2 FLAIR dengan teknik SENSE tidak mengalami data k-space yang sampelnya diambil dalam arah *phase – encoding* untuk mengurangi *scan time*, faktor percepatan atau *reduction factor* (R) didefinisikan sebagai rasio dari jumlah data k-space yang diperlukan untuk gambar sampel sepenuhnya dengan jumlah yang dikumpulkan dalam akuisisi yang dipercepat. Sebaliknya data yang diperoleh menggunakan *coil phased array* dan menggunakan algoritma khusus yang digunakan untuk menggabungkan data *undersampled* dari masing masing kumparan penerima menjadi gambar rekonstruksi alias dengan FOV penuh.

Penggunaan teknik SENSE pada potongan aksial T2 FLAIR MRI kepala, meskipun nilai SNR mengalami penurunan akan tetapi dengan langkah langkah dalam pengurangan baris *phase encoding* yang dibutuhkan untuk mengisi *K space* citra pada setiap elemen *coil*, serta penggunaan algoritma khusus yang digunakan untuk menggabungkan data *undersampled* maka dapat menghasilkan pengurangan waktu dalam akuisisi gambar oleh karena itu tingkat kenyamanan pasien dapat bertambah sehingga kemungkinan adanya artefak dari pergerakan pasien dapat dikurangi. Ada perbedaan *scan time* pada potongan aksial T2 FLAIR MRI kepala dikarenakan penggunaan teknik SENSE mengalami pengurangan baris *phase encoding* yang dibutuhkan untuk mengisi *k-space* citra pada setiap elemen coil sehingga dapat mengurangi waktu pemeriksaan sampai 3 menit, yang sebelumnya tanpa menggunakan teknik SENSE waktu yang dibutuhkan adalah 05.08 menit sedangkan setelah menggunakan teknik SENSE menjadi 02.08 menit. Sehingga penerapan teknik SENSE pada pemeriksaan T2 FLAIR MRI Kepala sangat berguna untuk mengurangi waktu pemeriksaan dengan harapan pasien merasa lebih nyaman dan kemungkinan terjadi *motion artifact* dapat berkurang dikarenakan waktu yang lebih singkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada RSUD Gambiran Kota Kediri yang telah menyediakan tempat penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aja-Fernández S, Vegas-Sánchez-Ferrero G, Tristán-Vega A. 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>
- Blaimer M, Heim M, Neumann D, Jakob PM, Kannengiesser S, Breuer FA. 2015. Comparison of Phase-Constrained Parallel MRI Approaches: Analogies and Differences. *Magnetic Resonance in Medicine*, 75(3): 1086–1099. <https://doi.org/10.1002/mrm.25685>
- Chian TC, Nassir NM, Ibrahim MI, Yusof AKM, Sabarudin A. 2017. Quantitative Assessment on Coronary Computed Tomography Angiography (CCTA) Image Quality: Comparisons Between Genders and Different Tube Voltage Settings. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 7(1): 48–58. <https://doi.org/10.21037/qims.2017.02.02>
- Cleary JOSH, Guimarães AR. 2014. *Magnetic Resonance Imaging. Pathobiology of Human Disease*. Amerika Serikat: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386456-7.07609-7>.
- Deshmane A, Gulani V, Griswold MA, Seiberlich N. 2012. Parallel MR Imaging. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 36(1): 55–72. <https://doi.org/10.1002/jmri.23639>
- Grover VPB, Tognarelli JM, Crossey MME, Cox IJ, Taylor-Robinson SD, McPhail MJW. 2015. Magnetic Resonance Imaging: Principles and Techniques: Lessons for Clinicians. *Journal of Clinical and Experimental Hepatology*, 5(3): 246–255. <https://doi.org/10.1016/j.jceh.2015.08.001>
- 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>
- Hyun CM, Kim HP, Lee SM, Lee S, Seo JK. .2018. Deep Learning for Undersampled MRI Reconstruction. *Physics in Medicine and Biology*, 63(13): 1-16. <https://doi.org/10.1088/1361-6560/aac71a>
- Khalil MA, Ashfaq A, Shahzad H, Qazi SA, Omer H. 2021. GPU Based Parallel Framework for Receiver Coil Sensitivity Estimation in SENSE Reconstruction. *Magnetic Resonance Imaging*, 80: 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2021.04.009>
- Liu, F, Duan Y, Peterson BS, Kangarlu A. 2012. Compressed Sensing MRI Combined with SENSE in Partial K-Space. *Physics in Medicine and Biology*, 57(21). <https://doi.org/10.1088/0031-9155/57/21/N391>
- Morelli JN, Runge VM, Ai F, Attenberger U, Vu L, Schmeets SH, *et al.* 2011. An Image-Based Approach to Understanding the Physics of MR. *Radiographics*, 31(3): 849-866. <https://doi.org/10.1148/rg.313105115>
- Niknejad MT. 2013. Fluid Attenuated Inversion Recovery. *Radiopedia*. <https://doi.org/https://doi.org/10.53347/rID-21760>.
- Notoadmodjo, S. 2014. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Setsompop K, Gagoski BA, Polimeni JR, Witzel T, Wedeen VJ, Wald LL. 2012.

- Blipped-Controlled Aliasing in Parallel Imaging for Simultaneous Multislice Echo Planar Imaging with Reduced g-Factor Penalty. *Magnetic Resonance in Medicine*, 67(5): 1210–1224. <https://doi.org/10.1002/mrm.23097>
- Westbrook C. 2022. *Handbook of MRI Technique*, 5th Edition. USA: John Wiley and Son.
- Westbrook C, Roth CK, Talbot J. 2019. *MRI In Practice*, 4th Edition. UK: Willey Blackwell.
- Wright KL, Hamilton JI, Griswold MA, Gulani V, Seiberlich N. 2014. Non-Cartesian Parallel Imaging Reconstruction. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 40(5): 1022–1040. <https://doi.org/10.1002/jmri.24521>