

**PERBEDAAN PEMBOBOTAN T2 *TURBO SPIN ECHO* (TSE) MRI BRAIN
POTONGAN AXIAL ANTARA PENGGUNAAN *SENSITIVITY ENCODING* (SENSE)
DENGAN TANPA SENSE : EVALUASI PADA *SIGNAL TO NOISE RATIO* (SNR)
DAN *SCAN TIME***

¹Fani Susanto, A. ²Gunawan Santoso, ³Bagus Abimanyu

¹ *Poltekkes Kemenkes Semarang*

² *Specialist Radiology Kariadi Hospital Semarang*

³ *Poltekkes Kemenkes Semarang*

e-mail: fanisusanto28@gmail.com

ABSTRACT

Background: MRI examination of brain often find patients who are less cooperative, thus requiring rapid acquisition techniques. Parallel imaging technique sensitivity encoding (SENSE) utilizing the spatial information RF coil phased array to reduce the acquisition time by reducing the number of sampling lines K space therefore produce quality and good spatial resolution, but its has the limitations, namely the reduction of signal to noise ratio (SNR). SENSE is used along with pulse sequence one of turbo spin echo (TSE). The purpose of this research was to determine the differences in SNR and scan time on T2 weighted TSE MRI of brain axial slices between use SENSE with no SENSE.

Methods: This research is a quantitative study with an experimental approach. Data were collected from May to June 2016 in Radiology Unit Premier Bintaro Hospital by calculating the SNR value through software for the region of interest (ROI) and calculate the scan time through the scan timer on the workstation monitor. Data was analyzed by statistical tests with SPSS 16 software using paired T-test and descriptive.

Results: From the statistical test result known that the SNR on T2 TSE between use SENSE with no SENSE the p-value 0,000 ($p < 0,05$). This is because the encoding between the two images are different, the image of the T2 TSE without SENSE contained use of pulses in 180° approached TE effectively so shallow gradients produce echo maximum, while the image of the T2 TSE using SENSE there is a reduction in line phase encoding in the K space and their g-factor causing reduced SNR. From the analysis descriptively known that the scan time on T2 TSE between use SENSE with no SENSE by reducing scan time for 1 minute 24 seconds (49,01%). This is because the acquisition techniques are different between the two images, the image without SENSE T2 TSE contained ETL in the filling K space, while the T2 TSE images using SENSE R-factors are causing sampling did not fill all the K space so that the scanning time is reduced.

Conclusion: There is a difference in SNR and scan time of T2 weighted TSE MRI of brain axial slices between use SENSE with no SENSE.

Keywords : *SENSE, SNR, Scan Time, T2 TSE, MRI Brain Axial*

Pendahuluan

Saat ini pemeriksaan *magnetic resonance imaging* (MRI) merupakan pemeriksaan rutin di rumah sakit besar. Pada prinsipnya hampir seluruh organ tubuh dapat diperiksa dengan MRI. Pemeriksaan MRI 90% dilakukan pada organ kepala dan vertebra sedangkan sisanya 10 % untuk pemeriksaan organ yang lain (Rasad, 2011). Pada pemeriksaan MRI kepala, pulsa sekuens yang

digunakan salah satunya adalah *turbo spin echo* (TSE) dengan pembobotan T2 (Westbrook, 2014).

Pulsa Sekuens adalah serangkaian even yang meliputi pulsa radio frekuensi (RF), pengaktifan gradien dan pengumpulan sinyal yang dilakukan untuk menghasilkan gambaran MRI. Salah satu pulsa sekuens yang biasa digunakan adalah sekuens TSE. TSE adalah sekuens *spin echo* dengan multipel 180^0 refokus radio frekuensi (RF) pulsa setelah satu pulsa 90^0 untuk menghasilkan deretan *echo* (Bitar dkk, 2006). Menurut Westbrook (2014), sekuens TSE

banyak digunakan untuk citra pembobotan T2 dikarenakan nilai *scan time* yang diperoleh menjadi singkat dan juga penggunaan sekuens TSE akan meningkatkan nilai *signal to noise ratio* (SNR).

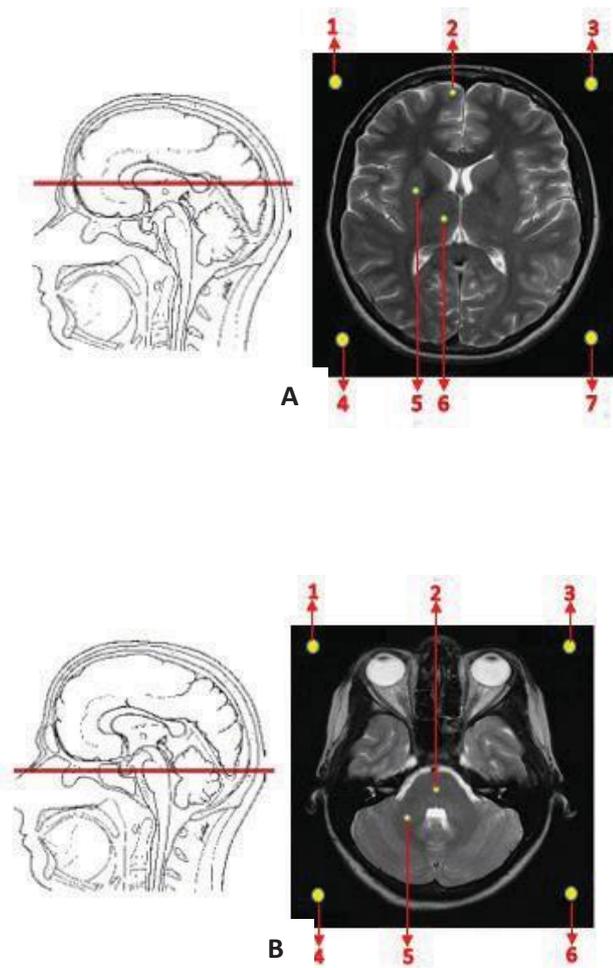
Signal to noise ratio (SNR) dan *scan time* merupakan dua faktor yang menentukan kualitas citra MRI. SNR adalah perbandingan antara besarnya amplitudo sinyal dengan amplitudo *noise*. Sedangkan *scan time* adalah waktu dalam melengkapi data akuisisi. Nilai SNR dan *scan time* sangat berpengaruh terhadap kualitas citra yang dihasilkan. Nilai SNR sangat tergantung dari sinyal yang didapatkan dari organ, semakin tinggi nilai sinyal yang ada pada organ maka nilai SNR juga akan semakin tinggi. Sedangkan nilai *scan time* sangat penting untuk diperhatikan karena waktu *scanning* yang lama menyebabkan kemungkinan adanya pergerakan pasien selama akuisisi yang tentunya mempengaruhi kualitas citra yang akan dihasilkan (Westbrook dkk, 2011).

Pemeriksaan MRI kepala khususnya *brain*, potongan *axial* merupakan “*gold standard*” untuk pemeriksaan MRI *brain* dikarenakan dapat memperlihatkan organ lebih jelas dibandingkan dengan potongan yang lainnya (Liney, 2006). Pada pemeriksaan MRI *brain*, seringkali menjumpai pasien yang merasa kurang nyaman dikarenakan lamanya pemeriksaan, sehingga menyebabkan citra yang dihasilkan menjadi kurang optimal dan mengurangi informasi diagnostik. Salah satu cara yang dapat mengurangi *scan time* adalah dengan menggunakan teknik akuisisi paralel atau teknik paralel *imaging*. Teknik paralel *imaging* yang biasa digunakan salah satunya adalah *sensitivity encoding* atau SENSE.

SENSE adalah salah satu teknik paralel *imaging* yang menggunakan citra yang dibentuk oleh koil *phased array*. Rekonstruksi SENSE dapat mempercepat pengisian *K space* sehingga menyebabkan pengurangan *scan time* (Dale dkk, 2015).

Rekonstruksi citra SENSE menghasilkan kualitas citra dari segi kontras dan spasial resolusi yang sama dengan rekonstruksi citra standar dan memakan waktu yang dibutuhkan hanya setengahnya, akan tetapi dapat mengurangi nilai sinyal pada citra anatomi. Pengurangan SNR pada rekonstruksi SENSE dipengaruhi oleh penggunaan *reduction factor* (R) atau jumlah elemen pada koil *phased array* yang digunakan (Glockner dkk, 2005). Teknik paralel *imaging* memanfaatkan elemen pada multipel koil penerima *phased array* dengan mengurangi baris *phase encoding* pada *K-space* sesuai faktor $1/R$ sehingga *sampling* tidak mengisi semua *K space*. SENSE menyebabkan waktu akuisisi data menjadi berkurang dan menjadi lebih cepat sesuai R yang digunakan (Morelli dkk, 2011).

Di Unit Radiologi Rumah Sakit Premier Bintaro, pesawat MRI yang digunakan adalah Philips Achieva 1,5 Tesla. Pada pesawat tersebut terdapat pilihan teknik paralel *imaging* yaitu dengan menggunakan SENSE dan tanpa menggunakan SENSE. Protokol



Gambar 1. (A) Penghitungan nilai sinyal citra pembobotan T2 TSE MRI *brain* potongan *axial* setinggi *thalamus*, Noise 1 (1), *Cortex cerebri*(2),

Noise 2 (3), Noise 3 (4), *Basal ganglia* (5), *Thalamus*

(6), Noise 4 (7). (B) Penghitungan nilai sinyal citra pembobotan T2 TSE MRI *brain* potongan *axial* setinggi *pons*, Noise 1 (1), *Pons* (2), Noise 2 (3), Noise

3 (4), *Cerebellum* (5), Noise 4 (6)

Hasil dan Pembahasan

1. Karakteristik Sampel

Penelitian ini dilakukan terhadap 19 orang pasien yang dilakukan pemeriksaan MRI *brain*

2. Hasil Uji Normalitas Data SNR pada Citra Pembobotan T2 TSE MRI *Brain* Potongan *Axial* Antara Penggunaan SENSE dengan Tanpa SENSE
 Uji normalitas data dilakukan dengan menggunakan uji Kolmogorv-Smirov dikarenakan data banyak (>50) untuk mengetahui data terdistribusi normal atau tidak.

Tabel 2. Hasil uji normalitas data nilai SNR secara keseluruhan citra pembobotan T2 TSE MRI *brain* potongan *axial* antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE

| Nilai SNR secara keseluruhan citra T2 TSE <i>axial</i> | Nilai kemaknaan (<i>p-value</i>) |
|--|------------------------------------|
| Tanpa SENSE | 0,103 |
| Menggunakan SENSE | 0,068 |

potongan *axial* antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE dengan total waktu penelitian untuk masing-masing pasien terdapat penambahan sekitar 2-3 menit dari pemeriksaan rutin.

Tabel 1. Deskripsi sampel penelitian

| Kategori | Klasifikasi | Jumlah | Persentase (%) |
|----------|-------------|--------|----------------|
| | laki-laki | 9 | 47,4 |

Berdasarkan tabel 2, data dua kelompok citra T2 TSE antara penggunaan SENSE dan tanpa SENSE didapatkan $p > 0,05$ sehingga dapat dikatakan terdistribusi normal, selanjutnya dapat dilakukan uji T-berpasangan.

3. Hasil Penghitungan dan Uji Statistik SNR pada Citra Pembobotan T2 TSE MRI Brain Potongan Axial Antara Penggunaan SENSE dengan Tanpa SENSE

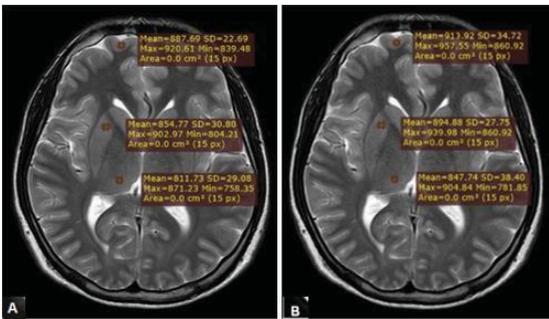
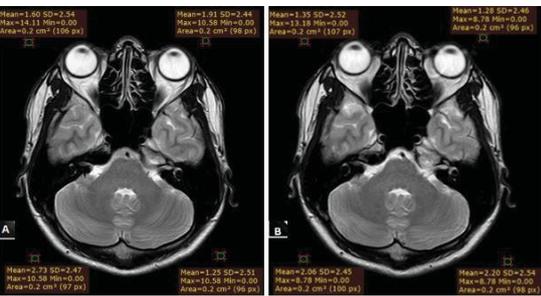
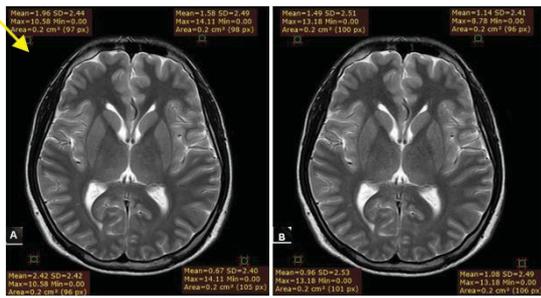
| | | | |
|---------|-------------------------------|----|------|
| Jenis | perempuan | 10 | 52,6 |
| Kelamin | Total | 10 | 100 |
| | 21-40 tahun | 9 | 47,4 |
| Umur | 41-60 tahun | 10 | 52,6 |
| | Total | 10 | 100 |
| Klinis | Vertigo | 8 | 42,1 |
| | Cephalgia | 8 | 42,1 |
| | Cerebrovascular Disease (CVD) | 2 | 10,5 |
| | Abses cerebri | 1 | 5,3 |
| | Total | 19 | 100 |

a. Hasil Penghitungan SNR Per Kriteria Anatomi

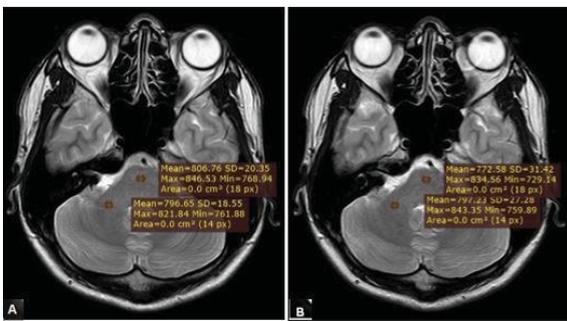
Tabel 3. Hasil penghitungan nilai rata-rata SNR per kriteria anatomi citra pembobotan T2 TSE MRI brain potongan axial antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE dari 19 orang

pasien

| Anatomi | Nilai rata-rata SNR dan standar deviasi citra pembobotan T2 TSE MRI brain potongan axial | |
|----------------|--|-------------------------------|
| | Tanpa SENSE (Mean ± SD) | Menggunakan SENSE (Mean + SD) |
| Cortex cerebri | 375,75 ± 18,23 | 263,84 ± 11,71 |
| Basal ganglia | 339,98 ± 10,77 | 233,94 ± 11,60 |
| Thalamus | 315,51 ± 17,83 | 216,31 ± 12,93 |



Gambar 2. Tanda panas atas : sinyal rata-rata anatomi *pons* dan *cerebellum* pada potongan setinggi *thalamus* citra pembobotan T2 TSE MRI *brain axial* tanpa SENSE (A) dan menggunakan SENSE (B). Tanda panah bawah : Standar deviasi *noise* potongan setinggi *thalamus* citra



b. Uji Statistik SNR

Hasil penghitungan SNR secara keseluruhan pada citra pembobotan T2 TSE MRI *brain* potongan *axial* antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE dianalisis dengan menggunakan uji T-berpasangan untuk mengetahui adanya perbedaan nilai SNR.

Tabel 4. Hasil uji T-berpasangan nilai SNR secara keseluruhan

| Nilai SNR secara keseluruhan citra T2 TSE <i>axial</i> | Nilai kemaknaan (<i>p-value</i>) |
|--|------------------------------------|
| Tanpa SENSE | 0,000 |
| Menggunakan SENSE | |

Berdasarkan tabel 4, diperoleh nilai kemaknaan (*p-value*) 0,000 yang berarti terdapat perbedaan SNR yang signifikan citra pembobotan T2 TSE antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE.

pembobotan T2 TSE MRI *brain axial* tanpa SENSE (A) dan menggunakan SENSE (B)

Gambar 3. Tanda panah atas : Sinyal rata-rata anatomi *pons* dan *cerebellum* pada potongan setinggi *pons* citra pembobotan T2 TSE MRI *brain axial* tanpa SENSE (A) dan menggunakan SENSE (B). Tanda panah bawah : Standar deviasi *noise* potongan setinggi *pons* citra pembobotan T2 TSE MRI *brain axial* tanpa SENSE (A) dan menggunakan SENSE (B)

4. Hasil Perbedaan *Scan Time* pada Pembobotan T2 TSE MRI *brain* Potongan *Axial* Antara Penggunaan SENSE dengan Tanpa SENSE

Tabel 5. Hasil nilai rata-rata *scan time* pada pembobotan T2 TSE MRI *brain axial* antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE dari 19 orang pasien

| Citra | Nilai rata-rata <i>scan time</i> (menit:detik) | | Reduksi <i>scan time</i> (menit:detik) | Persentase (%) |
|--|---|-------------------|---|----------------|
| | Tanpa SENSE | Menggunakan SENSE | | |
| Pembobotan T2 TSE MRI <i>brain axial</i> | 2:53 | 1:29 | 1:24 | 49,01 |

Penelitian yang telah dilakukan pada 19 orang pasien MRI *brain* dengan klinis pada pembobotan T2 TSE MRI *brain* potongan *axial* antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE serta memperoleh hasil penilaian citra dengan menghitung nilai SNR dan *scan time*. Hasil penilaian citra tersebut sudah diolah secara komputerisasi menggunakan *software* SPSS 16.

Hasil uji normalitas data nilai SNR secara keseluruhan dengan uji Kolmogorov-Smirnov diperoleh tingkat kepercayaan (*confident level*) 95% ($\alpha = 5\%$), menunjukkan bahwa nilai kemaknaan (*p-value*) lebih besar dari α ($p > 0,05$) dari dua kelompok data masing-masing pembobotan T2 TSE menggunakan SENSE sebesar 0,068 dan tanpa SENSE yaitu 0,103. Menurut Dahlan (2013), suatu data dapat dikatakan berdistribusi normal jika

memiliki nilai kemaknaan (*p-value*) lebih dari 0,05. Berdasarkan hasil uji normalitas data nilai SNR secara keseluruhan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov, bahwa data dari masing-masing pembobotan T2 TSE antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE adalah berdistribusi normal.

1. Perbedaan SNR pada Pembobotan T2 TSE MRI *Brain* Potongan *Axial* Antara Penggunaan SENSE dengan Tanpa SENSE

Berdasarkan hasil SPSS uji parametrik T-berpasangan menyatakan H_0 ditolak, yaitu ada perbedaan pada nilai SNR secara keseluruhan dengan nilai kemaknaan 0,000 ($p < 0,05$) pada pembobotan T2 TSE MRI *brain* potongan *axial* antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE. Perbedaan tersebut dikarenakan *encoding* pada citra pembobotan T2 TSE antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE yang berbeda. Pada citra pembobotan T2 TSE tanpa SENSE tidak terjadi adanya pengurangan baris *phase encoding* pada *sampling time* setiap *voxel*. Sedangkan pada citra pembobotan T2 sekuens TSE menggunakan SENSE terjadi adanya pengurangan baris *phase encoding* pada *sampling time* setiap *voxel* dari elemen koil *phased array*, sehingga amplitudo sinyal pada organ anatomi yang dihasilkan menjadi turun. Oleh karena itu pada citra pembobotan T2 TSE menggunakan SENSE memiliki SNR yang lebih rendah dibandingkan

dengan citra pembobotan T2 TSE tanpa SENSE

Hal ini sesuai dengan Westbrook dkk (2011),

bahwa peningkatan sinyal pada citra pembobotan T2 sekuens TSE standar tanpa SENSE terjadi karena pada gradien *phase encoding* tanpa adanya pengurangan, melainkan penggunaan pulsa 180° mendekati TE efektif yang dipilih sehingga pada *shallow* gradien menghasilkan *echo* atau sinyal pada level maksimal. Penurunan SNR pada citra pembobotan T2 TSE menggunakan SENSE sesuai dengan Ryan dkk (2005), bahwa konsep teknik paralel *imaging* menggunakan koil *surface phased array* dan rekonstruksi algoritma menghilangkan artefak *wrapping* atau *aliasing*, sehingga mendapatkan sinyal yang informatif dari koil di luar FOV pada elemen koil individu. Pengurangan baris *phase encoding* dibutuhkan untuk mengisi *K space* citra pada setiap elemen koil, defisiensi potensial dipenuhi oleh penghilangan informasi *wrapping* untuk menghasilkan spasial resolusi citra tinggi. Proses SENSE inilah yang menyebabkan pengurangan sinyal pada citra pembobotan T2 TSE menggunakan SENSE.

Penurunan nilai SNR pembobotan T2 sekuens TSE menggunakan SENSE sebesar $1/1,41$

dikarenakan penggunaan *reduction factor* 2 dan *geometry factor* 1. Hal ini sesuai dengan Willineck dkk (2003), bahwa rekonstruksi SENSE mengurangi baris *phase encoding* menggunakan SENSE *reduction factor* (R). SNR berkebalikan

secara proporsional dari R. Peningkatan *noise* terjadi ketika hubungan *geometry* dari sensitivitas koil tidak optimal. Peningkatan *noise* spesifik pada SENSE ini disebut *geometry factor* (*g*) local. Oleh karena itu, nilai SNR pada citra SENSE dibandingkan dengan citra standar tanpa SENSE akan mengikuti rumus yaitu $SNR_{SENSE}/SNR_{standar}$

= $1/g$. Penggunaan *reduction factor* 2 dan *geometry factor* 1 menyebabkan penurunan SNR sebesar 1/1,41. Nilai SNR yang lebih rendah pada sekuens dengan menggunakan akuisisi SENSE tidak mengganggu pada interpretasi citra diagnostik dan tidak menghalangi secara pandangan visual pada lesi yang dibutuhkan pada citra SENSE.

Penurunan SNR pada citra pembobotan T2 TSE menggunakan SENSE tidak menyebabkan kualitas citra yang berbeda dibandingkan pada citra pembobotan T2 TSE standar tanpa SENSE. Dikarenakan dengan pengurangan FOV dan adanya sensitivitas spasial dari koil *phased array* yang digunakan untuk menyediakan informasi spasial pada citra yang akan dibutuhkan dalam transformasi *fourier MR imaging*. Hal ini sesuai dengan Glockner dkk (2005), bahwa teknik paralel *imaging* menggunakan gradien yang lebih cepat dan kuat untuk meningkatkan waktu akuisisi, sensitivitas spasial dari koil *phased array* digunakan untuk menyediakan spasial informasi pada citra yang akan dibutuhkan dalam transformasi *fourier MR imaging* atau dengan kata lain, teknik paralel *imaging* menyebabkan pengurangan baris *phase encoding* dengan tetap menghasilkan kualitas dan spasial resolusi yang baik.

Penggunaan teknik SENSE pada pembobotan T2 sekuens TSE pemeriksaan MRI *brain* potongan *axial* dapat diterapkan pada pembobotan T2 TSE standar tanpa SENSE yang biasa digunakan, walaupun mengalami penurunan nilai SNR akan tetapi tetap menghasilkan

informasi citra yang tidak berbeda.

2. Perbedaan *Scan Time* pada Pembobotan T2 TSE MRI *Brain* Potongan *Axial* Antara Penggunaan SENSE dengan Tanpa SENSE

Berdasarkan hasil uji secara deskriptif menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai *scan time* pada pembobotan T2 TSE MRI *brain* potongan *axial* antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE dengan selisih waktu akuisisi sebesar 1 menit 24 detik (49,01%).

Perbedaan tersebut dikarenakan teknik akuisisi antara menggunakan SENSE dan tanpa menggunakan SENSE yang berbeda. Pada pembobotan T2 TSE tanpa SENSE, teknik akuisisi

dengan menggunakan *turbo factor* sehingga *K space* terisi dengan cepat. Sedangkan pada pembobotan T2 sekuens TSE menggunakan SENSE tidak hanya menggunakan *turbo factor*, melainkan ditambah dengan pengurangan *sampling time* dari setiap elemen koil *phased array*, sehingga waktu akuisisi yang diperoleh menjadi lebih singkat hingga setengahnya dari waktu akuisisi standar tanpa menggunakan SENSE.

Hal ini sesuai dengan Westbrook dkk (2011), bahwa pada pembobotan T2 sekuens TSE standar tanpa menggunakan SENSE dengan penggunaan ETL antara 12 sampai 30, beberapa baris *K space* dapat terpenuhi dengan adanya *turbo factor*/ ETL sehingga *K space* akan terisi penuh dengan cepat sehingga dengan terpenuhinya *K space* dapat meningkatkan kualitas citra pada T2. Sedangkan pengurangan *scan time* pada pembobotan T2 sekuens TSE dengan menggunakan SENSE sesuai dengan Morelli dkk (2011), bahwa dengan SENSE tidak hanya menggunakan *turbo factor* yang panjang tetapi juga memanfaatkan elemen pada multipel koil penerima *phased array* dan mengurangi baris *phase encoding* pada *K space* sesuai dengan faktor $1/R$ dimana R adalah *reduction factor* atau jumlah elemen pada koil *phased array* yang digunakan, sehingga *sampling* tidak mengisi semua *K space* menjadikan waktu akuisisi data menjadi berkurang dan menjadi lebih cepat sesuai dengan R yang digunakan.

Menurut Ryan dkk (2005), bahwa teknik yang cepat memiliki keuntungan tidak hanya dari mengurangi adanya pergerakan, tetapi juga potensial untuk mengurangi waktu akuisisi. Teknik paralel *imaging* memiliki potensi tersebut yaitu dengan menggunakan sekuens yang cepat dengan penggunaan gradien yang dioptimalkan, sehingga potensial untuk mendapatkan pengurangan waktu akuisisi tanpa mengurangi efek yang signifikan pada kualitas citra diagnostik yang diperoleh.

Penggunaan teknik SENSE pada pembobotan T2 TSE pemeriksaan MRI *brain* potongan *axial* dapat digunakan sebagai pengganti pembobotan T2 TSE standar tanpa SENSE yang biasa digunakan, khususnya untuk pasien non kooperatif dari IGD yang membutuhkan waktu pemeriksaan yang cepat. Hal ini dikarenakan pengurangan waktu akuisisi pada teknik SENSE dapat meminimalisir terjadinya artefak karena pergerakan kepala pasien.

Ada perbedaan SNR pada pembobotan T2 TSE MRI *brain* potongan *axial* antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE. Hal ini dikarenakan *encoding* antara kedua citra tersebut berbeda, pada citra T2 TSE tanpa SENSE terdapat penggunaan pulsa 180°

mendekati TE efektif sehingga *shallow* gradien menghasilkan *echo* maksimal, sedangkan pada citra T2 TSE menggunakan SENSE terdapat pengurangan baris *phase encoding* pada *K space* dan adanya *geometry factor* menyebabkan SNR menjadi berkurang.

Ada perbedaan *scan time* pada pembobotan T2 TSE MRI *brain* potongan *axial* antara penggunaan SENSE dengan tanpa SENSE. Hal ini dikarenakan teknik akuisisi antara kedua citra tersebut berbeda, pada citra T2 TSE tanpa SENSE terdapat ETL dalam pengisian *K space*, sedangkan pada citra T2 TSE menggunakan SENSE terdapat *reduction factor* menyebabkan *sampling* tidak mengisi semua *K space* sehingga waktu *scanning* menjadi berkurang.

Daftar Pustaka

- American Association of Neurological Surgeons (AANS), 2006, *Anatomy of the Brain*, United States
- Bitar, Richard, General Leung, Richard Perng, Sameh Tadros, Alan R. Moody, Josee Sarrazin, Caitlin McGregor, Monique Christakis, Sean Symons, Andrew Nelson dan Timothy P. Roberts, 2006, *MR Pulse Sequences : What Every Radiologist Wants to Know but Is Afraid to Ask*, RSNA Volume 26, Number 2
- Dale, M. Brian, M.A Brown dan Richard C. Semelka, 2015, *MRI Basic Principle and Applications, Fifth Edition*, John Wiley and Sons Inc : New Jersey
- Dahlan, M. Sopiudin, 2013, *Statitiska Untuk Kedokteran dan Kesehatan*. Jakarta: Salemba Medika
- Edelman, Robert R, 2009, *Fast Spin Echo. Softways : Magnetic Resonance Technology Information Portal : Wisconsin*
- Elster, AD, 2015, *Explain how does SENSE / ASSET work*, Elster LLC, mri-q.com
- Gieseke .J, C. Kuhl, M. Von Falkenhausen, R. Blömer, O. Gür, G. Van Yperen, H. Schild dan G. Lutterbe, 2004, *Ultra Fast T2-weighted TSE sequences with Flip Angle Sweep and SENSE at 3T*, Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med
- Glockner .James F, MD, PhD, Houchun H. Hu, BME, David W. Stanley, BS, Lisa Angelos, PhD dan Kevin King, PhD, 2005. *Parallel Imaging : A User Guide*. RSNA
- Ichikawa, Tomoaki, Tabuaki Tsukamoto, Takatdi Kltamura, Ryauji Amemiya, Eiji Okamo'i, Kouji Miym dan Tsutomu Arak, 2002, *Efficacy of A Combination of Sensitivity*

- Encoding (SENSE) Technique with 3D-MRCP Imaging with Balanced Turbo Field echo And Single shot Fast Spin-echo Sequences*, Proc. Intl. SOC. Mag. Reson. Med
- Liney, Gary, 2006, *MRI in Clinical Practice*, Springer-Verlag London Limited
- Moeller, T.B dan Reif, E, 2007, *Pocket Atlas of Sectional Anatomy Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging 3rd Edition revised and updated*
- Morelli, John N, Val M. Runge, Fei Ai, Ulrike Attenberger, Lan Vu, Stuart H. Schmeets, Wolfgang R. Nitz dan John E. Kirsch, 2011, *An Image-based Approach to Understanding the Physics of MR Artifacts*, radiographics.rsna.org
- Neseth, R, 2000, *Procedures and Documentation for CT and MRI*, Medical Publishing Division, Kansas : McGraw-Hill
- Notoatmodjo, S, 2002, *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta : PT. Rineka Cipta
- Rasad, Sjahriar, 2011, *Radiologi Diagnostik, Edisi Kedua*, Gaya Baru, Balai Penerbit FKUI : Jakarta
- Ryan, M, Cunningham, P, Cantwill, C, Brennan, D dan Eustace, S, 2005, *A comparison of fast MRI of hips with and without parallel imaging using SENSE*, The British Journal of Radiology
- Sugiyono, 2007, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Alfabeta: Bandung
- Syaifudin, 1997, *Anatomi Fisiologi untuk Siswa Perawat Edisi II*, Jakarta : Buku Kedokteran EGC
- Westbrook C, Carolyne ,K Roth dan Talbot, J, 2011, *MRI in Practice, Fourth Edition*. Blackwell Science Ltd., United Kingdom
- Westbrook, Catherine, 2014, *Handbook of MRI Technique, Fourth Edition*, Blackwell Science Ltd., United Kingdom
- Weiger, Markus, 2000, *Principles and Applications of Sensitivity Encoded Magnetic Resonance Imaging*, Zurich
- Willineck, Winfried. A, Jurgen Gieseke, Marcus von Falkenhausen, Barbara Neuen, Hans H. Schild dan Christiane K. Kuhl, 2003. *Sensitivity Encoding for Fast MR Imaging of the Brain in Patients with Stroke*. RSNA

Woodward, Peggy dan Freimarck, Roger,
2000, *MRI for Technologists*,

Mc-Graw-Hill, Inc : New York, USA