

Analisis Perubahan Parameter *Number of Signals Averaged* (NSA) Terhadap Peningkatan SNR dan Waktu Pencitraan pada MRI

Dwi Rochmayanti¹, Thomas Sri Widodo², Indah Soesanti³

Abstract—A study about the influence of NSA shift to SNR to identify the existence of NSA shift to SNR and scan time had performed. The study aims to determine the alteration value of SNR when NSA was changed for every number and to obtain the NSA value which has more optimum image quality. The study was performed in Telogorejo Hospital at Semarang with MR modalities AirisII Hitachi 0.3 tesla by shifting NSA from 1 to 5 in cervical vertebrae (neck) sagittal T1 weighted with spin echo sequence. The SNR of five images were calculated with Matlab tool. SNR value was obtained by measuring the ROI at body of vertebra, spinal cord area and discus intervertebra to attain the signal average value. Experiment results show that the greater the NSA, the SNR is better and scan time is longer. SNR of the organ *corpus*, *medulla spinalis* and diskus intervertebra is increases from NSA 1 to 2 is 51%. When the NSA is raised to 3, the SNR increase is 89%, for NSA 4 the SNR increase is 99%, for NSA 5 the SNR increase is 102%. To get an SNR up to 100%, the NSA 4 is used. Meanwhile, to get images with good SNR and imaging duration is not long, the NSA 3 is used.

Intisari—Telah dilakukan penelitian perubahan NSA terhadap SNR yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan NSA terhadap SNR. Penelitian dilakukan di RS Telogorejo Semarang dengan Modalitas MRI Airis II Hitachi 0,3 tesla, dengan cara merubah NSA 1 sampai dengan 5 pada daerah leher (servikal) dengan potongan sagital dengan sekuens *spin echo* dan pembobotan T1. Dari citra tersebut dicari nilai intensitas dan *noise* untuk mendapatkan SNR pada masing-masing citra. ROI pada daerah korpus, *medulla spinalis* dan diskus intervertebra untuk mendapatkan *signal* rata-rata untuk dibandingkan dengan ROI pada *background*. Dari penelitian didapatkan hasil, semakin besar NSA yang digunakan SNR juga semakin meningkat. Prosentase kenaikan rata-rata dari badan vertebra (*corpus*), *medulla spinalis* dan diskus intervertebra adalah dari NSA 1 ke 2 adalah 51%, NSA dinaikkan menjadi 3 prosentase kenaikan 86%, NSA 4 kenaikannya 99% dan NSA 5 menjadi 102%. Untuk mendapatkan SNR mendekati 100%, maka NSA yang digunakan adalah 4. Sedangkan untuk mencari citra dengan SNR yang baik dan waktu pencitraan yang tidak lama, sebaiknya digunakan NSA 3.

Kata Kunci—NSA, SNR, Sekuens *Spin echo*, citra dengan pembobotan T1, waktu pencitraan

¹Poltekkes Kemenkes Semarang, Tirta Agung, Banyumanik Semarang (e-mail: yanti_izza@yahoo.com)

^{2,3} Dosen, Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA (e-mail:indah@te.ugm.ac.id)

I. PENDAHULUAN

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan salah satu cara pemeriksaan diagnostik dalam ilmu kedokteran, khususnya radiologi, yang menghasilkan gambaran potongan tubuh manusia dengan menggunakan medan magnet tanpa menggunakan sinar-X. Alat tersebut memiliki kemampuan membuat gambaran potongan koronal, sagital, aksial dan oblik tanpa banyak memanipulasi tubuh pasien [17].

Teknik pencitraan MRI relatif kompleks karena citra yang dihasilkan tergantung pada banyak parameter. Bila pemilihan parameternya tepat, kualitas gambaran detail tubuh manusia akan tampak jelas, sehingga anatomi dan patologi jaringan tubuh dapat dievaluasi secara teliti. Menurut Hashemi [4], dalam MRI ada dua parameter, yaitu parameter primer dan parameter sekunder yang berpengaruh terhadap kualitas hasil citra. Yang termasuk parameter primer adalah *Time Repetation* (TR), *Time Echo* (TE), *Time Inversion* (TI) dan *Flip Angle* (FA) yang berpengaruh terhadap kontras citra. *Slice thickness* dan *interslice gap* berpengaruh terhadap area daerah yang diperiksa (*coverage*). *Field of View* (FOV), *frekuensi encoding* dan *fase encoding* berpengaruh resolusi dan SNR. Sedangkan *Number of Signals Averaged* (NSA) / *Number of Excitation* (NEX) dan *bandwidth* berpengaruh terhadap SNR. Parameter sekunder terdiri atas SNR, waktu *scanning*, *coverage*, resolusi dan kontras citra

Kualitas citra MRI yang optimal ditentukan oleh tiga karakteristik, yaitu kontras citra, spatial resolusi, dan *signal to noise ratio* (SNR). SNR adalah perbandingan intensitas sinyal dan tingkat *noise* pada suatu citra [7].

SNR masih merupakan hal yang paling banyak digunakan untuk mengukur kualitas sebuah citra [3]. Ada banyak faktor yang mempengaruhi SNR. Ada faktor yang memungkinkan untuk diatur, tetapi ada juga faktor yang tidak dapat diatur oleh operator, misalnya kekuatan medan magnet, homogenitas medan magnet dan densitas proton. Sedangkan parameter yang dapat mempengaruhi SNR dimana memungkinkan operator untuk mengatur atau memilihnya diantaranya adalah volume voksel, tipe pulsa sekuens, *Number of Phase-Encoding Steps* (PE), jumlah data sampling (*frekuensi encoding*), *bandwidth*, ketebalan irisan, FOV, dan NSA atau pada modalitas MRI tipe lain dikenal juga dengan istilah NSA. Istilah NSA didefinisikan sebagai berapa kali *scan* diulang, dimana pemilihan NSA itu sendiri akan berpengaruh terhadap waktu *scanning* [17].

Menurut McRobbie [7], cara paling mudah untuk menghasilkan SNR yang tinggi adalah dengan menaikkan

NSA, tetapi hal ini juga berakibat dengan meningkatkan waktu *scanning*. Sehingga diharapkan dengan pemilihan NSA yang tepat akan dapat memperoleh citra yang bagus dan waktu *scanning* yang tidak terlalu panjang (sehingga pengulangan citra karena pengaburan akibat pergerakan dapat dikurangi) tanpa harus mengurangi SNR citra. Untuk mendapatkan kualitas citra yang baik, operator harus mempertimbangkan kondisi pasien, indikasi klinis dan toleransi pasien terhadap jalannya pemeriksaan sebelum memilih parameter *scanning*. Mengingat itu semua, protokol yang dipilih secara rutin harus dapat diberlakukan untuk pasien secara umum. Dengan melakukan variasi NSA akan didapatkan citra dengan variasi SNR dan waktu pencitraan, sehingga nanti akan didapatkan citra dengan NSA berapa yang paling bagus SNR-nya dan waktu pencitraan yang dibutuhkan juga tidak terlalu lama. Sehingga nantinya diharapkan seorang operator dapat melakukan optimisasi NSA tanpa harus takut kualitas citra yang dihasilkan tidak bagus.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan parameter NSA terhadap SNR dan waktu *scanning*, sehingga nantinya dapat direkomendasikan berapa nilai NSA yang tepat khususnya untuk pemeriksaan MRI servikal. Dengan melakukan variasi NSA akan didapatkan gambaran dengan variasi SNR dan waktu pencitraan, sehingga nanti akan didapatkan citra MRI dengan NSA berapa yang mempunyai SNR yang optimal dan waktu pencitraan yang dibutuhkan juga tidak terlalu lama. Sehingga nantinya diharapkan seorang operator dapat melakukan optimisasi NSA tanpa harus takut kualitas gambar yang dihasilkan tidak bagus.

Kajian mengenai optimisasi parameter MRI, telah banyak dilakukan, diantaranya Jones, R.A, dkk, 2004, [6] melakukan penelitian optimisasi dengan parameter *spin echo* dengan tujuan mengukur waktu relaksasi dengan obyek mri brain pada bayi untuk memperoleh parameter sekuen pulsa yang dapat meningkatkan SNR dan kontras pada citra MRI dengan modalitas MRI 1,5 Tesla. Diperoleh hasil dimana pembobotan T1 dengan menggunakan *turbo spin echo* dengan ETL 3, TR 850ms dan TE 11ms dapat menghasilkan citra dengan peningkatan kontras dan SNR. Pada pembobotan T2 dengan parameter TE 270 ms, didapatkan citra dengan kualitas kontras meningkat, tetapi SNR menurun.

Damanik, AOM, dkk, 2005 [2], melakukan penelitian tentang pengaruh parameter TE, TR dan TI terhadap pembobotan T1, T2 dan FLAIR pada citra MRI dengan kasus mesial temporal sclerosis dengan modalitas MRI 0,5 T. Didapatkan hasil pengaturan parameter TE dan TR yang pendek diperoleh citra dengan pembobotan T1, TE dan TR yang panjang diperoleh pembobotan T2 dan pengaturan TE dan TI yang panjang akan didapat citra dengan pembobotan FLAIR. Pembobotan T1 untuk menunjukkan struktur anatomi, pembobotan T2 untuk kelainan patologi, tetapi pada kasus mesial temporal sclerosis kurang bisa memberikan informasi patologi yang jelas. Sedangkan untuk FLAIR diperoleh hasil yang pendeteksian yang sensitif untuk kelainan mesial temporal sclerosis

II. DASAR TEORI

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah suatu alat kedokteran di bidang pemeriksaan radiagnostik radiologi, yang menghasilkan rekaman citra potongan penampang tubuh

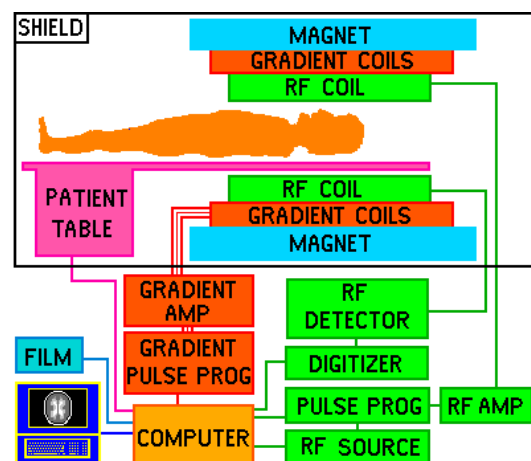
/ organ manusia dengan menggunakan medan magnet berkekuatan 0,0064 – 1,5 tesla (1 tesla = 10.000 gauss) dan resonansi getaran terhadap inti atom hidrogen [10]. MRI mempunyai energi dan rentang/panjang frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan sinar-X [4].

MRI mempunyai energi dan rentang/panjang frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan sinar-X, seperti terlihat pada Tabel 1.

TABEL I
RENTANG FREKUENSI DALAM SPEKTRUM ELEKTROMAGNETIK [4]

	Frekuensi (Hz)	Energy (eV)	Panjang gelombang (m)
Sinar-X	$1,7-3,6 \times 10^{15}$ Hz	30-150 keV	80-400 pm
Cahaya tampak (ungu)	$7,5 \times 10^{14}$ Hz	3,1 eV	400 nm
Cahaya tampak (merah)	$4,3 \times 10^{14}$ Hz	1,8 eV	700 nm
MRI	3-100 MHz	20-200 meV	6-60 m

Menurut Hornak, J.P., 1996-2011[5], Komponen MRI terdiri dari magnet utama, koil shim, koil radiofrekuensi (RF), koil gradien dan komputer. Magnet utama pada pesawat MRI terdiri atas tiga jenis, yaitu magnet permanen, terbuat dari bahan *ferromagnetic* dan dapat menghasilkan medan magnet sampai dengan 0,3 tesla. Magnet resistif, menghasilkan kuat medan magnet antara 0,02 – 0,4 tesla. Magnet superkonduktor menghasilkan kuat medan hingga 4 tesla. Magnet tambahan berupa koil shims, koil gradien dan koil RF.



Gbr. 1 Komponen *Hardware* MRI

Prinsip dasar MRI adalah inti atom yang bergetar dalam medan magnet. Pada prinsip ini proton yang merupakan inti atom hidrogen, bila atom hidrogen ini ditembak tegak lurus pada intinya didalam medan magnet berfrekuensi tinggi secara periodik, maka proton tersebut akan bergetar dan bergerak. Dan bila medan magnet ini dimatikan, maka proton akan kembali ke posisi semula dan akan menginduksi dalam satu kumparan untuk menghasilkan sinyal elektrik yang lemah. Bila hal ini terjadi berulang-ulang dan sinyal elektrik tersebut ditangkap kemudian diproses dalam satu komputer akan dapat disusun menjadi suatu citra. Metode ini dipakai pada tubuh manusia, karena manusia mempunyai konsentrasi atom

hidrogen yang tinggi (70%). Untuk menghasilkan sebuah citra dari proton, dibutuhkan tenaga medan magnet 0,5 – 0,15 tesla yang dihasilkan melalui elektromagnet [12].

Dalam MRI ada dua parameter, yaitu parameter primer dan parameter sekunder yang berpengaruh terhadap kualitas hasil citra [4].

Yang termasuk parameter primer adalah *Time Repetition* (TR), *Time Echoe* (TE) , *Time Inversion* (TI) dan *Flip Angle*(FA) yang berpengaruh terhadap kontras citra. *Slice thickness* dan *interslice gap* berpengaruh terhadap daerah yang diperiksa (*coverage*). *Field of View* (FOV), *frekuensi encoding* dan *fase encoding* berpengaruh resolusi dan SNR. Sedangkan NSA dan *bandwidth* berpengaruh terhadap SNR.

Parameter sekunder terdiri atas SNR, waktu *scanning*, *coverage*, resolusi dan kontras citra.

Tiga karakteristik yang bisa digunakan untuk mendefinisikan kualitas citra MRI adalah kontras citra, *spatial* resolusi dan *signal to noise ratio*. Hasil dari citra harus dapat memperlihatkan anatomi yang tepat sesuai dengan pembobotan yang dilakukan.

Signal to Noise Ratio (SNR) merupakan hal yang paling menjadi perhatian pada kualitas MRI. Istilah ini didefinisikan sebagai perbandingan amplitudo dari *signal* yang diterima oleh coil dengan amplitudo dari *noise*. Jika *signal* yang sebenarnya relatif lebih kuat daripada *noise* maka SNR akan meningkat, dan kualitas gambar akan lebih baik.

Parameter yang dapat mempengaruhi SNR yang memungkinkan operator untuk mengatur atau memilihnya adalah volume voxel, jenis pulsa sekuens, NSA/NSA, Jumlah *phase-encoding* (PE), jumlah sampel data, *bandwidth*. Optimisasi dari parameter tersebut dapat dilakukan untuk mendapatkan citra MRI yang lebih bagus. Dengan menaikkan SNR juga akan memperlihatkan perbedaan yang kecil pada jaringan, sehingga dapat meningkatkan *contrast to noise* pada gambar [18].

Salah satu cara yang dilakukan untuk meningkatkan SNR adalah dengan meningkatkan jumlah total akuisasi planar tiap *phase encoding* (Nacq = NSA = NEX). Intinya, proses koleksi data diulang tanpa mengubah kekuatan gradien fase *encoding*. *Signal* akan meningkat secara linier, sedangkan *noise* yang bersifat acak juga akan menambah *inkohorentitas*, sehingga SNR akan dinyatakan sebagai akar dari faktor NSA atau NSA ($SNR \propto \sqrt{Nacq}$). Ini berarti jika kita menggandakan / mendobelkan NSA, *signal* akan bertambah hanya $\sqrt{2}$ atau 41 %, seperti yang terlihat pada Tabel 2. NSA juga digunakan untuk menghitung waktu pencitraan, sehingga dengan mendobelkan NSA maka waktu juga akan bertambah dua kalinya. Untuk mendapatkan SNR 100%, paling tidak menggunakan NSA 4, hal ini juga harus mempertimbangkan keadaan pasien, karena waktu yang dibutuhkan relatif lebih lama.

TABEL II
PENINGKATAN SNR DENGAN KENAikan NSA [18]

NSA	Faktor SNR	Prosentase
1	1,00	-
2	1,41	41
3	1,73	73
4	2,0	100

5	2,24	124
6	2,45	145
7	2,65	165
8	2,83	183

Mengubah NSA secara langsung akan berakibat pada SNR dan waktu pencitraan. Dengan menaikkan NSA berarti SNR juga akan meningkat dan waktu pencitraan akan menjadi lebih lama, demikian juga sebaliknya, menurunkan NSA berakibat menurunkan SNR dan waktu pencitraan menjadi lebih cepat. Dengan menurunkan NSA juga mengurangi *motion* artefak [16]. *Trade off* dan optimisasi parameter NSA dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL III
PARAMETER DAN *TRADE OFF* [15]

Parameter	Keuntungan	Kerugian
NSA meningkat	- Meningkatkan SNR pada semua jaringan tubuh - Mengurangi flow <i>artefact</i> seimbang dengan <i>signal</i> rata-rata	Waktu pencitraan akan semakin meningkat secara proporsional
NSA menurun	Menurunkan waktu pencitraan secara proporsional	- Menurunkan SNR pada semua jaringan - Meningkatkan flow <i>artefact</i> sejalan dengan berkurangnya <i>signal</i>

Waktu memegang peranan penting dalam pencitraan dengan MRI. Waktu yang dibutuhkan untuk mengevaluasi suatu volume jaringan (waktu akuisisi) merupakan fungsi dari beberapa parameter , diantaranya TR, jumlah *phase encoding* pada matriks dan jumlah eksitasi rata-rata (NSA) untuk menghasilkan citra. Persamaannya adalah :

$$\text{Waktu pencitraan (menit)} = \frac{TR \text{ (detik)} \times \text{phase encoding (\#PE)} \times NSA}{60 \text{ (detik)}}$$

Dimana, TR, #PE dan NSA juga berpengaruh pada *signal to noise ratio*.

Hal yang harus diperhatikan adalah dengan meningkatnya waktu pencitraan berarti potensial untuk meningkatnya pula *motion artefact*. Untuk mengurangi artefak yang disebabkan pasien yang tidak dapat bertoleransi, tentu saja parameter yang diatur adalah yang berhubungan langsung dengan waktu pencitraan. Dan seringkali hasil citra menjadi menurun kualitasnya seperti, *signal* dan resolusi [17]. Pengaruh perubahan NSA terhadap waktu pencitraan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel IV
PARAMETER WAKTU PENCITRAAN [17]

Parameter	Perubahan	Pengaruh terhadap waktu pencitraan	Keuntungan	Kerugian
NSA	Menurun	Menurun	Menurunkan	Menurun

			<i>motion artefact</i> , menurunkan waktu pencitraan	an SNR dengan akar pangkat; menurunkan citra rata-rata
--	--	--	--	--

Menurut Woodward, 2001 [18], *Medulla spinalis* dan jaringan saraf lainnya sangat jelas didapatkan pada citra MRI, yang memiliki beberapa kelebihan dibandingkan modalitas lainnya. Diantaranya:

- Tidak diperlukan media kontras untuk menilai daerah *medulla spinalis*
- Kemampuan untuk melihat irisan diatas dan di bawah tumor
- Tidak ada artefak *beam hardening*
- Pada pasien yang sulit ditemukan gejala atau evaluasi klinis untuk daerah akar saraf atau diskus intervertebra, dapat digunakan irisan sagital.

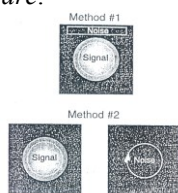
Pencitraan daerah vertebra dengan MRI dapat memperlihatkan berbagai kriteria citra dengan berbagai variasi pembobotan sangat membantu seorang klinisi dalam mendiagnosa suatu kelainan. Karakteristik jaringan pada daerah vertebra dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL V
KARAKTERISTIK JARINGAN COLUMNNA VERTEBRA PADA CITRA MRI

Organ	Citra T1 Weighted	Citra Proton Density	Citra T2 Weighted
<i>Medulla spinalis</i>	Sedang / abu-abu	Sedang / abu-abu	Abu-abu
CSF	Gelap	Sedang / abu-abu	Cerah
Korpus	Sedang / abu-abu	Sedang / abu-abu	Sedang / abu-abu
Diskus intervertebra	Abu-abu	Abu-abu cerah	cerah
Lemak	Cerah	Abu-abu cerah	Abu-abu
Tulang cortex	Gelap	Gelap	gelap

Menurut NessAiver [9], ada beberapa metode pengukuran SNR pada pantom adalah, yaitu :

- 1) *Metode 1*: dengan mengukur *signal* dan *background noise* pada strip diluar pantom pada satu gambar.
 - 2) *Metode 2*: dengan dua gambar, yang pertama, mengukur *signal* didalam phanthom dan mengukur *noise* dari sekuens dengan flip angle 0°.
- Kedua metode tersebut menghasilkan hasil yang serupa. Jika ada perbedaan besar pada hasil keduanya, mengindikasikan adanya masalah pada *hardware*.



Gbr. 2 Metode pengukuran SNR [9]

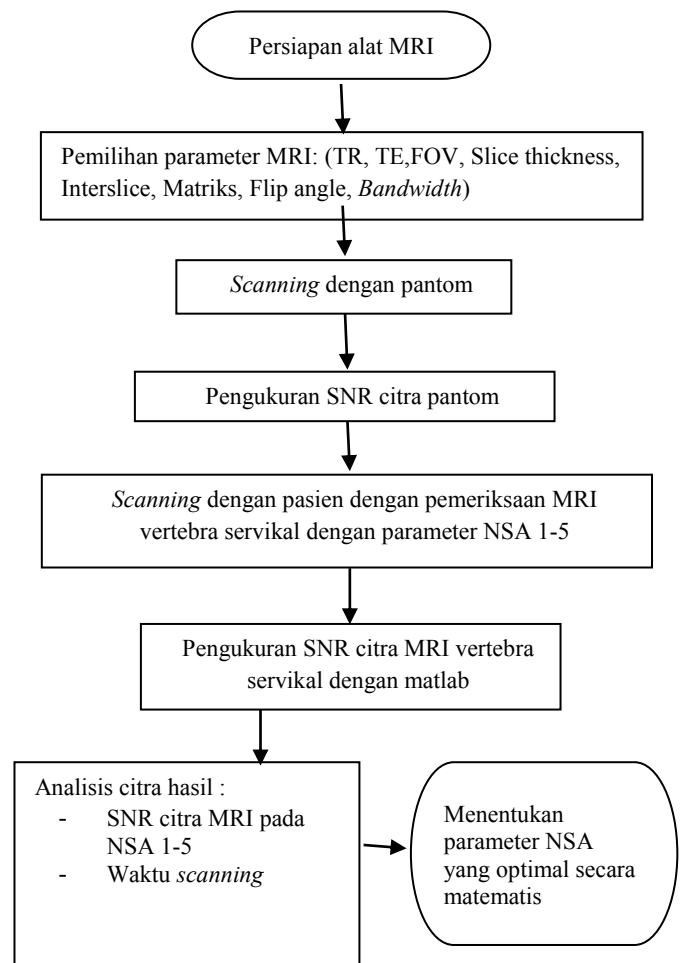
Perhitungan SNR adalah dengan membagi *signal* rata-rata dengan standar deviasi dari *noise*, dengan persamaan:

$$\frac{\text{Signal rata-rata}}{\text{Standar deviasi noise}}$$

III. METODOLOGI

Bahan yang akan dianalisa dalam penelitian ini adalah citra MRI dari pasien normal. Citra MRI yang akan diobservasi adalah citra vertebra servikal potongan sagital dengan pembobotan T1 dengan pulsa sekuens *spin echo*. Citra MRI ini terdiri atas 5 citra dengan variasi NSA antara 1 sampai dengan 5. Pada setiap citra MRI dari potongan sagital dengan berbagai variasi NSA discan dengan jumlah *slice* masing-masing 7 *slice*, kemudian dipilih satu irisan yang paling mewakili dari 7 buah irisan lainnya, yaitu irisan yang ke 4 (empat). Irisan ke empat dipilih karena lebih memvisualisasikan obyek vertebra servikal secara menyeluruh dan lebih jelas. Citra MRI ini diambil dengan pesawat MRI Hitachi Airis II 0,3 Tesla di Bagian Radiologi Rumah Sakit Telogorejo Semarang.

Jalannya penelitian adalah sebagaimana tertera dalam skematis pada Gbr. 3.



Gbr. 3 Jalan Penelitian

Dilakukan *scanning* MRI vertebra servikal dengan parameter dan variasi NSA. Adapun parameter pemeriksaan adalah yang tertera pada Tabel 6.

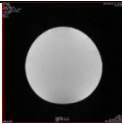
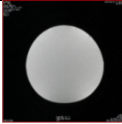
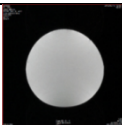


TABEL VI
PARAMETER MRI *CERVICAL* SAGITAL PEMBOBOTAN T1 DENGAN SEKUENS *SPIN ECHO*

Parameter	Scan				
	1	2	3	4	5
Scanning					
FOV	250	250	250	250	250
TR	400	400	400	400	400
TE	26	26	26	26	26
FA	90	90	90	90	90
Multi Slice	7	7	7	7	7
Multi Echo	1	1	1	1	1
Thickness	4	4	4	4	4
Interxal	5	5	5	5	5
Freq#	288	288	288	288	288
Phase#	224	224	224	224	224
NSA	1	2	3	4	5
Scan Time	1'30"	2'29"	4'29"	5'58"	7'28"

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

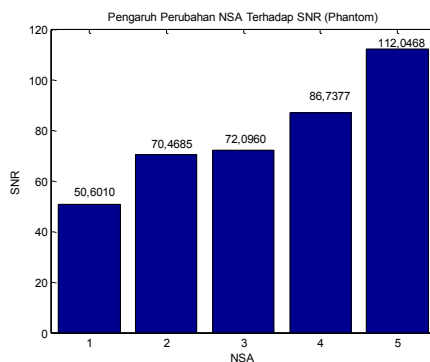
Dilakukan *scan* pada pantom MRI dari bahan isi konsentrasi NiCl₂, NaCl (NiCl₂ : 18 mmol/l; NaCl : 0,1 w/v%) dengan NSA 1 sampai dengan 5, pada pesawat MRI Hitachi Airis II, dimana hasil citra kemudian dilakukan pengukuran SNR dengan *Matlab tool*, didapatkan hasil seperti pada Tabel 7.

TABEL VII
HASIL PENGUKURAN SNR PANTOM PADA PESAWAT MRI HITACHI AIRIS II 0,3 TESLA DENGAN MENGGUNAKAN *MATLAB TOOL*

Citra Pantom MRI	NSA	SNR	Waktu <i>scanning</i>
	Citra dengan NSA 1	50,6010	1'04'
	Citra dengan NSA 2	70,4685	2'08"
	Citra dengan NSA 3	72,0960	3'12"
	Citra dengan NSA 4	86,7377	4'16"
	Citra dengan NSA 5	112,0468	5'2"

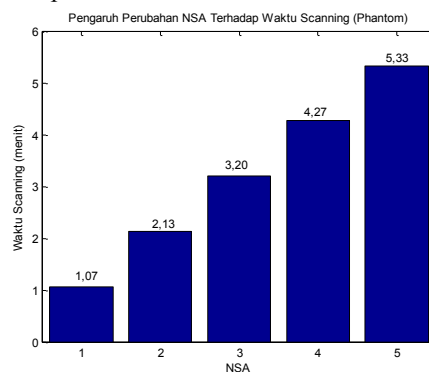
Dari hasil pengukuran tersebut didapatkan hasil bahwa nilai SNR pada pantom dengan variasi kenaikan NSA dari 1

sampai dengan 5 menunjukkan peningkatan secara linier. Dimana, semakin besar NSA, maka semakin besar pula nilai SNR-nya. Peningkatan nilai SNR terlihat pada Gbr. 4.



Gbr. 4 Grafik pengaruh perubahan NSA terhadap SNR pada pantom

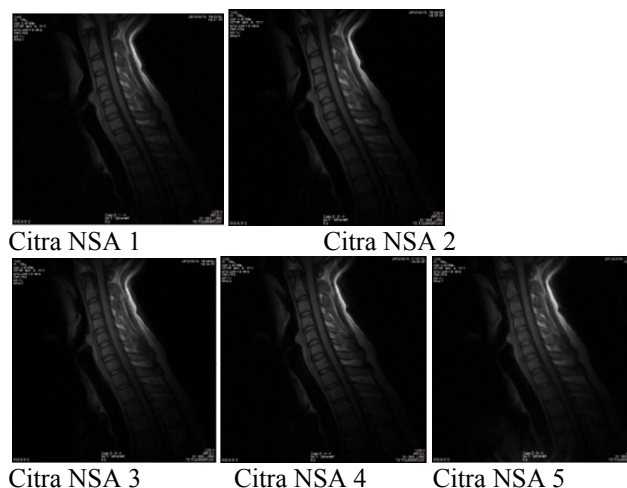
Seiring dengan peningkatan nilai NSA yang digunakan pada masing-masing *scanning*, maka terjadi peningkatan waktu yang dibutuhkan dalam sekali *scanning*. Semakin banyak nilai NSA, maka waktu *scanning* juga semakin lama, hal ini terlihat pada Gbr. 5.



Gbr. 5 Grafik pengaruh perubahan NSA terhadap waktu *scanning* pada pantom

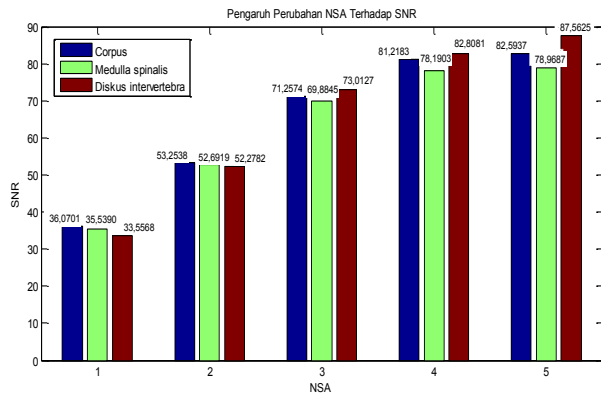
Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan waktu *scanning* secara linier dimana antara NSA 1 ke 2 terjadi peningkatan waktu menjadi dua kalinya.

Dilakukan *scan* pada pasien dengan obyek vertebra servikal potongan sagital pembobotan T1 dan pulsa sekuen *spin echo*. *Scan* dilakukan dari NSA 1 sampai dengan 5.



Gbr. 6 Hasil citra MRI servikal NSA 1-5

Dari hasil pengukuran, didapatkan hasil bahwa dengan meningkatnya NSA, maka SNR pada masing-masing area (*corpus*, *medulla spinalis* dan diskus) juga meningkat secara linier. Gambar grafik dari perubahan SNR pada masing-masing area dapat dilihat pada Gbr. 7. Dari semua area yang dinilai, yaitu *corpus*, *medulla spinalis* dan diskus intervertebra, setiap kenaikan NSA, SNR pada masing-masing pada area tersebut juga naik secara signifikan



Gbr. 7 Grafik Perubahan peningkatan SNR akibat peningkatan NSA(Pada Pasien)

Setelah dilakukan perhitungan hasil SNR untuk masing-masing area pada setiap peningkatan NSA, didapatkan angka peningkatan prosentase nilai SNR berdasarkan data yang didapat dari hasil penelitian, ditampilkan pada Tabel 8.

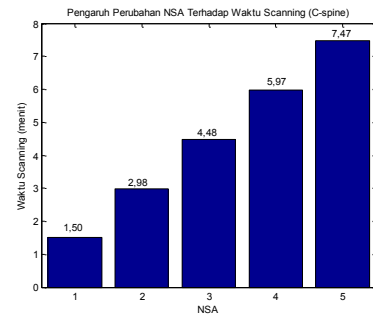
TABEL VIII
PENINGKATAN SNR DENGAN KENAIKAN NSA

NSA	Prosentase SNR <i>Corpus</i>	Prosentase SNR Med. Spinalis	Prosentase SNR Diskus Intervertebra	Prosentase Rata-rata
1	-	-	-	-
2	48	48	56	51
3	81	81	95	86
4	95	93	109	99
5	97	94	115	102

Dari tabel diatas dapat dijelaskan bahwa kenaikan SNR jika NSA didobelkan (dari 1 menjadi 2) akan mengalami kenaikan rata-rata sebesar 51%. Sedangkan untuk mendapatkan SNR mendekati 100%, digunakan NSA 4, dimana pada penelitian ini didapatkan nilai 99%.

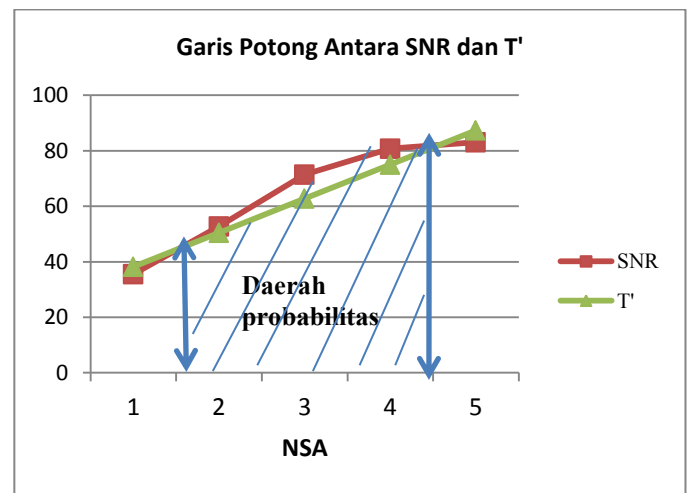
Perubahan NSA yang digunakan juga berpengaruh pada waktu *scanning*. Dari pengambilan citra vertebra servikal pada potongan sagital pembobotan T1 dan pulsa sekuen *spin echo* dengan NSA1 dan 5, menunjukkan waktu scan yang berbeda juga.

Dari data yang dihasilkan, dapat dilihat bahwa semakin tinggi NSA yang digunakan, maka waktu *scanning* juga akan semakin lama. Pada penggunaan NSA 1 menjadi 2, menyebabkan waktu *scanning* menjadi dua kalinya. Hal ini terlihat pada grafik pada Gbr. 8.



Gbr. 8 Grafik pengaruh perubahan nilai NSA terhadap waktu *scanning* (Pada Pasien)

Dari gambar grafik diatas terlihat, bahwa NSA memberi pengaruh terhadap waktu yang dibutuhkan dalam sekali *scanning*. Semakin meningkat NSA yang digunakan, waktu *scanning* juga semakin bertambah lama. Untuk mendapatkan citra yang optimal, yakni SNR dengan kualitas baik, tetapi juga mempertimbangkan waktu pemeriksaan yang tidak membutuhkan waktu yang lama, dilakukan korelasi perpotongan antara SNR dan waktu *scanning*. Untuk mendapatkan titik potong antara SNR dan waktu *scanning* dilakukan secara matematis. Langkah pertama yang dilakukan adalah mendapatkan persamaan garis antara SNR dan waktu *scanning* terhadap NSA, seperti terlihat pada Gbr. 9.



Gbr. 9 Garis potong antara NSA dan T'

Dari Gbr 9 dapat dilihat bahwa nilai NSA yang memungkinkan untuk dipilih untuk mendapatkan SNR yang baik dan waktu scan yang tidak terlalu panjang adalah 2, 3 atau 4. Beberapa pertimbangan yang patut di dianalisis sebagaimana terlihat pada Tabel 9.

TABEL IX
ANALISIS PEMILIHAN NILAI NSA

NSA	SNR rata-rata	Waktu scan	Keterangan
2	52,7413	2'59"	SNR relatif rendah dan waktu scan pendek (<3menit), alternatif ini dapat diambil untuk pasien yang non kooperatif, yang membutuhkan waktu <i>scanning</i> cepat, meski nilai SNR yang didapatkan juga tidak begitu tinggi
3	71,3849	4'29"	SNR relatif tinggi dan waktu scan masih memungkinkan (< 4,5 menit), alternatif ini dapat diambil untuk pasien normal, yang membutuhkan waktu <i>scanning</i> masih batas wajar, dan SNR yang didapatkan juga relatif tinggi
4	80,7389	5'58"	SNR tinggi dan waktu scan pendek (> 5,5 menit), dimana pada penelitian awal dengan menggunakan Pesawat Siemens 0,5 T, pada NSA 4 dengan waktu <i>scanning</i> 5'53", citra yang dihasilkan telah mengalami pengaburan karena pergerakan

Dari pertimbangan pada Tabel 9, maka dapat di ambil kesimpulan NSA yang dipilih untuk mendapatkan citra yang optimal, yakni SNR dengan kualitas baik, tetapi juga mempertimbangkan waktu pemeriksaan yang tidak membutuhkan waktu yang lama, dipilih nilai tengah/median yang masuk daerah probabilitas yaitu NSA 3.

Berbagai literatur yang membahas metode pengukuran SNR pada MRI sangat bervariasi. Pada dasarnya setiap pesawat MRI telah dilengkapi dengan *software* yang memudahkan seorang technologist dapat secara langsung mengukur SNR pada citra MRI yang dihasilkan oleh modalitas tersebut. Pada penelitian yang pertama, penulis menggunakan *software* yang ada dipesawat untuk mengukur SNR pada citra. Pengukuran intensitas sinyal dilakukan ROI pada daerah korpis dan *medulla spinalis*, sedangkan untuk *noise (background)* dilakukan ROI diluar dari obyek. Korpis dan *medulla spinalis* dipilih karena keduanya memiliki *proton density* yang berbeda sehingga diharapkan akan memberikan intensitas sinyal yang berbeda pula. *Software* pada komputer akan mengukur sinyal intensity rata-rata pada obyek yang di ROI dan standar deviasi dari *noise* (setiap *background*).

Pada penelitian terbaru, pengukuran SNR dilakukan dengan menggunakan area yang akan dinilai dilakukan ROI untuk mendatkan intensitas sinyal dari gambar tersebut. ROI diposisikan pada pertengahan dari citra yang akan dinilai dan tidak termasuk area yang terkena artefak. Sinyal merupakan nilai rata-rata pada intensitas piksel pada daerah ROI. Istilah sinyal ini mengacu pada kecerahan nilai rata-rata piksel dan voksel pada citra [7]. Setelah didapatkan nilai pada area area sebagai sinyal dan di daerah background sebagai *noise*-nya maka SNR dapat dihitung. dengan menggunakan Matlab tool. Dimana setelah dilakukan pengolahan citra dengan matlab, didapatkan hasil yang hamper sama antara pengukuran *software* pada MRI dan hasil pada Matlab.

Dari hasil pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan pesawat MRI Siemens 0,5 tesla, dan juga dari penelitian terbaru dengan pesawat MRI Merk Hitachi Airis II 0,3 Tesla baik dengan obyek pantom maupun dengan pasien, didapatkan hasil yang menunjukkan kesamaan diantara ketiganya. Dari semua data penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan secara linier terhadap SNR dengan adanya perubahan kenaikan NSA dari 1 sampai dengan 5. Pada panelitian terbaru dengan menggunakan pesawat Hitachi Airis II 0,3 tesla, didapat data bahwa kenaikan baik pada area *corpus, medulla spinalis* dan diskus intervertebralis adalah linier. Pada penggunaan NSA 1, sebagai contoh, SNR pada daerah area *corpus* adalah 36,0701 sedangkan saat digunakan NSA 2, SNR meningkat menjadi 53,2538. Dari data tersebut didapatkan hasil peningkatan nilai SNR adalah sebesar 17,1837 atau terjadi peningkatan sebesar 48%. Untuk kenaikan NSA dari 2 ke 3, SNR yang meningkat sebesar 34 %, NSA 3 ke 4, SNR meningkat sebanyak 14 % dan SNR meningkat 2 % dari kenaikan NSA 4 ke 5. Demikian juga kenaikan yang hampir sama juga terjadi pada *area medulla spinalis* dan diskus intervertebra. Jadi secara rata-rata dari ketiganya, didapatkan peningkatan NSA 1 menjadi 2 kenaikan rata-rata SNR adalah 51%. Jika NSA dinaikkan 3, SNR juga meningkat menjadi 86%. Kenaikan SNR menjadi 99% jika terjadi peningkatan penggunaan NSA dari 1 ke NSA 4. Jadi dapat disimpulkan terjadi peningkatan hamper 100% , pada penggunaan NSA 4. Hal ini sudah mendekati dengan literatur, untuk mendapatkan SNR 100%, paling tidak menggunakan NSA 4 [17].

Ada beberapa faktor yang menjadikan kenaikan SNR tidak menjadi optimal seiring dengan peningkatan NSA. Hal ini dapat disebabkan karena komponen *hardware* dalam MRI, *software* dan juga obyek. *Hardware* dari komponen MRI semisal adalah magnet utama, *shim coil, gradient coil, RF coil* ataupun dari komputer. Apabila beberapa *hardware* tadi tidak terawat dan terkalibrasi dengan baik, maka kemungkinan kekuatan medan magnet yang dihasilkan dan tingkat homogenitas medan magnet akan menurun. Sehingga sinyal akan menurun. Sinyal berhubungan dengan kekuatan medan *operasional system* dan meningkat sejalan dengan aktivitas perubahan energi pada atom / inti hidrogen. Sinyal berasal dari spin yang tereksitasi sebagai bagian dari proses pemilihan irisan dan dari komponen pada sumbu x dan y. Apabila penurunan sinyal tidak dibarengi dengan penurunan *noise*, maka SNR juga akan menurun.

Obyek / pasien juga berpengaruh besar terhadap timbulnya *noise*. Menurut NessAiver, salah satu sumber *noise* yang signifikan adalah pasien. Tiap kali proton berubah (turun) dari energi tinggi ke energi rendah, akan mengemisi foton (gelombang radio) dengan *phase random* dan akan berkontribusi terhadap *background noise*. Hal ini juga dapat dimungkinkan apabila terjadi pergerakan pada pasien, dimana terjadi aktivitas perubahan energi akan berimbas pada kontribusi *noise* pada citra MRI.

Hal yang perlu ditekankan adalah kenaikan NSA yang mengakibatkan kenaikan SNR, ternyata dibarengi dengan peningkatan waktu *scanning* secara proporsional. Pada *scanning* dengan obyek pasien, pada penggunaan NSA 1 waktu yang diperlukan untuk *scanning* adalah 1,5 menit, dan pada NSA 2 adalah 2,98 menit, sehingga dengan mendobelkan

NSA maka waktu juga akan bertambah dua kalinya. Pada pencitraan MRI, waktu *scanning* memegang peranan yang penting karena semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk *scanning*, probabilitas terjadinya "motion artifact" yakni artefak yang disebabkan karena pergerakan semakin besar. Pada MRI, pergerakan pasien secara fisik maupun secara fisiologis sering menimbulkan artefak yang merupakan penampakan/gambaran yang tidak diinginkan karena menurunkan kualitas citra. Alasan mendasar MRI sangat sensitif terhadap pergerakan karena citra MRI adalah berdasar pada waktu sekuen. Pergerakan dapat terjadi selama pulsa RF, antara pulsa RF, selama sampling dan antara fase *encoding*. Pergerakan dapat menyebabkan pengaburan yang dapat mengakibatkan citra dapat kehilangan detailnya. Pengelolaan terhadap waktu pencitraan adalah sangat perlu dan menimbulkan kebingungan tersendiri pada pencitraan MR. Untuk mengurangi artefak yang disebabkan pasien yang tidak dapat bertoleransi, tentu saja parameter yang diatur adalah yang berhubungan langsung dengan waktu pencitraan. Dan seringkali hasil citra menjadi menurun kualitasnya seperti, sinyal dan resolusi [17]. Untuk mendapatkan hasil citra yang baik, seorang *technologist* pastinya memperhatikan kondisi pasien, indikasi klinis atau scan dan toleransi pasien terhadap prosedur yang dipilih. Seringnya, protokol yang digunakan bersifat rutin dan berlaku untuk pasien secara umum. Sayangnya, dilapangan jarang ditemukan pasien yang benar-benar ideal, dalam arti mempunyai bentuk tubuh yang proporsional, bisa berkooperatif terhadap prosedur pemeriksaan. Sehingga evaluasi dan seleksi pada setiap parameter *scanning* memberikan kontribusi terhadap waktu scan, kontras, SNR dan resolusi yang memberikan peranan dalam pembentukan kualitas citra yang optimal.

Sebagaimana hasil penelitian menunjukkan bahwa, jika kita mendobelkan nilai NSA, maka terjadi peningkatan SNR sebesar 51%, yang mana hal ini juga berimbas terhadap peningkatan waktu *scanning* menjadi dua kalinya. Hal ini bisa dijadikan pertimbangan kapan kita akan meningkatkan nilai NSA, atau bahkan menurunkannya. Faktor nilai diagnose dan toleransi pasien menjadi pertimbangan.

Dari data penelitian yang ada, baik dari segi SNR maupun waktu *scanning*, dapat ditarik benang merah, bahwa untuk mendapatkan citra dengan kualitas yang baik, adalah SNR yang optimal (bukan maksimal) dan waktu pencitraan yang tidak membutuhkan waktu lama. Dari kombinasi dua hal tersebut, disimpulkan bahwa penggunaan NSA yang tepat adalah dari perpotongan dua garis antara peningkatan linieritas SNR dan penurunan waktu scan, sehingga didapatkan optimisasi penggunaan NSA pada pesawat MRI Hitachi Airis II 0,3 tesla ini adalah pada NSA 3.

Diharapkan dengan pengaturan parameter NSA pada tingkat 3, akan memberikan SNR yang baik dan dengan waktu scan yang tidak terlalu lama. Dengan demikian, faktor lain pencetus adanya *noise* ataupun gangguan pada citra semisal *motion* artefak dapat lebih dieliminasi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang dilakukan untuk mencari pengaruh perubahan NSA terhadap SNR pada MRI Merk Hitachi Airis II di RS Telogorejo Semarang dengan pemilihan obyek citra adalah vertebra servikal (*neck*), didapatkan kesimpulan

sebagai berikut: Dari hasil pengukuran, didapatkan hasil bahwa dengan meningkatnya NSA, maka SNR pada masing-masing organ (*corpus*, *medulla spinalis* dan diskus) juga meningkat secara linier. Prosentase kenaikan rata-rata dari organ *corpus*, *medulla spinalis* dan diskus intervertebra adalah dari NSA 1 ke 2 adalah 51%, NA dinaikkan menjadi 3 prosentase kenaikan 86%, NSA 4 kenaikannya 99% dan NSA 5 menjadi 102%. Untuk mendapatkan SNR dengan kenaikan 100%, maka penggunaan NSA untuk pencitraan MRI vertebra cervical dengan pembobotan T1 dan pulsa sekuen *spin echo* potongan sagital adalah 4. Peningkatan waktu *scanning* juga terimbas dengan peningkatan NSA. Semakin tinggi NSA yang digunakan, maka waktu *scanning* juga akan semakin lama. Pada penggunaan NSA 1 menjadi 2, menyebabkan waktu *scanning* menjadi dua kalinya. Pencapaian SNR yang tinggi tidak selalu berakibat positif terhadap kualitas citra, karena pada penggunaan nilai NSA yang tinggi berimbas terhadap waktu pencitraan yang lama Waktu *scanning* yang lama dapat mengakibatkan artefak pada citra MRI, yaitu *motion artifact*, yaitu artefak yang disebabkan karena pergerakan. Perlu dilakukan manajemen pengaturan parameter NSA sehingga didapatkan nilai SNR yang baik, waktu scan yang pendek. Dari hasil data penelitian, didapatkan hasil bahwa untuk menghasilkan citra dengan kualitas SNR yang baik dan waktu pencitraan yang tidak terlalu lama, sebaiknya digunakan NSA 3 (tiga)

Beberapa saran yang dapat diberikan pada penelitian selanjutnya diantaranya untuk memperkuat data dan hasil penelitian, sebaiknya untuk pemilihan citra yang berkualitas SNR baik (waktu pencitraan yang tidak terlalu lama), dapat didukung dengan penilaian secara subyektif, dengan menginterpretasikan kepada radiologists, dengan catatan tidak hanya sekedar faktor SNR citra saja yang dilihat tetapi faktor lamanya waktu *scanning* juga menjadi pertimbangan. Selain itu, sebagai alat uji, sebaiknya modalitas yang digunakan dilakukan uji quality control, yang dalam hal ini adalah uji SNR secara teratur untuk mengetahui kestabilan alat Dan saran lain yang perlu juga dipertimbangkan adalah contoh/sampel citra yang dianalisa dapat diperbanyak baik dari segi irisan yang diambil, seperti potongan axial dan coronal ataupun dengan variasi pembobotan dan pulsa sekuen yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Tim Redaksi JNTETI Jurusan Teknik Elektro dan Teknik Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang memungkinkan naskah paper ini dapat dimuat, dan Ini kami persembahkan untuk mengenang (Alm) Prof. Ir. Thomas Sri Widodo, DEA.

REFERENSI

- [1] Bushong, Stewart C, 1995, *MRI Physical and Biomelological Principles*, Mosby-Yearbook, Inc, USA
- [2] Damanik A.O.Martua, Muchammad Azam dan Muhammad Nuh, 2005, *Pengaruh Parameter Teknis TR, TE dan TI Dalam Pembobotan T1, T2 dan Flair Pencitraan MRI*, Berkala Fisika, Vol 8 No. 1, hal 15-20
- [3] Erdogmus D, Larrson G. Eric, Rui Yan, Jose C Principe, Jeffrey R Fitzsimmons, 2004, *Measuring the signal-to-noise ratio in magnetic resonance imaging: a caveat*, *Signal Processing* 84(2004) 1035-1040
- [4] Hashemi, H. Ray and Bradley, G. William, 1997, *MRI : The Basic*, Williams & Wilkins, USA

- [5] Hornak, J.P., 1996-2011, *The Basic of MRI*, Imaging Hardware, <http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/chap-9/chap-9.htm>
- [6] Jones, A. Richard, Susan Palasis and J. Damien Grattan-Smith, 2004, *MRI of the Neonatal Brain : Optimization of Spin-Echo Parameters*, American Journal of Radiology, 182:367-372
- [7] McRobbie, W., Donald, 2006, *MRI From Picture to Proton*, Cambridge University Press, Second Edition
- [8] Neseth, R. 2000, *Procedures and Documentation for CT and MRI*, McGraw-Hill, Medical Publishing Division, USA
- [9] NessAiver, 1996, *All you really need to know About MRI Physics*, University of Maryland Medical Center, USA
- [10] Notosiswoyo, Mulyono, 2004, Media Litbang Kesehatan : *Pemanfaatan Magnetic Resonance Imaging (MRI) Sebagai Sarana Diagnosa Pasien*, Volume XIV, Nomor 3
- [11] Paul, Dominik, Maxim Zaitsev, 2009, *Improved SNR in linier 2D bSSFP Imaging Using Variable Flip Angles*, Magnetic Resonance Imaging, 27 (2009) 933-941
- [12] Vaughan, JT, 2001, 7T vs. 4T : RF Power, Homogeneity, and Signal-to-Noise Comparison in Head Images, Magnetic Resonance in Medicine 46:24-30
- [13] Rochmayanti, D., 2011, *Pengaruh Parameter Number of Eksitasi (NEX) Terhadap SNR*, Forum Teknik, Majalah Ilmiah Teknologi UGM, Vol 33, No. 3 September 2010
- [14] Magnetic Resonance Technology IP-MRI sequences-Spin Echo. www.mr-tip/serv1.php?type=seq&sub
- [15] Westbrook, Catherine, 1999, *Handbook of MRI technique*, Blackwell Science Ltd., United Kingdom
- [16] Westbrook, Catherine and Kaunt, Carolyne, 2000, *MRI in Practise*, Blackwell Science Ltd. United Kingdom
- [17] Woodward, Peggy ang William, W. Arrison, 1997, *MRI Optimization, a hand on approach*, McGraw-Hill, Co. USA
- [18] Woodward, Peggy, 2001, *MRI for Technologist*, McGraw-Hill, Inc, USA
- [19] Anonim, *MRI for Technologist, Basic principles of MRI*, Berlex Laboratories
- [20] Instructional Manual, Hitachi Medical Corporation, 2006