

**OPTIMALISASI *NUMBER OF EXCITATION* (NEX)
TERHADAP *SIGNAL TO-NOISE RATIO* (SNR) DAN
KECEPATAN WAKTU *SCANNING* PADA PEMERIKSAAN
MRI**

SKRIPSI



DIANA EGA RANI

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2016

OPTIMALISASI NUMBER OF EFFICIENCY INDEX TERHADAP SIGNAL TO NOISE RATIO (SNR) DAN KECEPATAN WAKTU WAKU YANG PADA PEMERIKSAAN MRI

SKRIPSI

Sebagai Syarat Untuk Menegerah Gelar Sarjana Sains Bidang Fisika Pada
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Airlangga
Surabaya

Oleh:

DIANA EGA RANI

181711531178

Tanggal Lulus: 18 Juli 2016

Dibantu Oleh:

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Sukarni Satrio
NIP. 194310621 197301 2 001

Pembimbing II



Dr. Tei Anasoro Priat
NIP. 19610517 199002 1 001

LEMBAR PENCESUNAN NASKAH SKRIPSI

Judul : *Optimalisasi Number Of Excitation (NOE) Terhadap
Sinyal To-Volte-Rada (TVR) Dan Kapasitas Waktu
Suntan; Pada Pemrosesan MRI*

Pengusun : Diana Ega Rani

NIM : 051211331138

Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Suhariningih

Pembimbing II : Des. Tri Anggono Priyo

Tanggal Ujian : 15 Juli 2016

Dibaca dan Oleh :

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Suhariningih
NIP. 19510617 197901 2 001

Pembimbing II

Des. Tri Anggono Priyo
NIP. 19610517 199003 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Pradita Lata, M.Si.
NIP. 19670417 199103 1 001

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya

Nama : Diana Ega Rani

NIM : 081211531158

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

OPTIMALISASI NUMBER OF EXCITATION (NEX) TERHADAP SIGNAL TO-NOISE RATIO (SNR) DAN KECEPATAN WAKTU SCANNING PADA PEMERIKSAAN MRI

Apabila saya atau nanti melakukan tindakan plagiat, maka saya menanggung sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Surabaya, 18 Juli 2016



Diana Ega Rani

081211531158

Diana Ega Rani, 081211331138, 2016, Optimalisasi *Number of Excitation* (NEX) terhadap *Signal To-Noise Ratio* (SNR) dan Kecepatan Waktu *Scanning* Pada Pemeriksaan MRI. Skripsi ini dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Suhariningsih dan Drs. Tri Anggono Priyo, Program Studi Fisika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang berjudul Optimalisasi *Number of Excitation* (NEX) terhadap *Signal To-Noise Ratio* (SNR) dan Kecepatan Waktu *Scanning* pada Pemeriksaan MRI. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi NEX terhadap SNR dan waktu *scanning* serta mengetahui nilai variasi NEX yang optimal untuk mendapatkan SNR baik dengan waktu *scanning* singkat. Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit Umum Haji Surabaya dengan Pesawat MRI Siemens Esensa 1,5 Tesla, dengan cara mengubah nilai NEX dari 1 sampai 4 pada pemeriksaan MRI kepala pembobotan T1 *spin echo*. Dari hasil citra yang diperoleh dilakukan region of interest (ROI) untuk mengukur rerata sinyal jaringan dan *noise* untuk mendapatkan SNR pada masing-masing citra. ROI dilakukan pada jaringan *white matters*, *grey matters* dan CSF untuk mendapatkan sinyal rata-rata untuk dibandingkan dengan ROI pada *background*. Dari penelitian didapatkan hasil, seiring peningkatan NEX maka SNR juga semakin meningkat begitu pula dengan waktu *scanning*. Dari hasil Uji statistik ANOVA dan korelasi *pearson* bahwa ada hubungan yang signifikan antara NEX dengan SNR dan waktu *scanning* Prosentase kenaikan rata-rata dari jaringan *white matters*, *grey matters* dan CSF adalah dari NEX 1 ke 2 adalah 34%, dari NEX 2 ke 3 adalah 72%, dan dari NEX 3 ke 4 adalah 105%. Untuk mendapatkan SNR mendekati 100%, maka NEX yang digunakan adalah 4. Sedangkan untuk mendapatkan citra optimal dengan SNR baik dengan waktu *scanning* singkat, sebaiknya digunakan NEX 3.

Kata Kunci: NEX, SNR, waktu *scanning*, Pembobotan T1 *spin echo*, Pemeriksaan MRI Kepala.

Diana Ega Rani, 081211331138, 2016, Optimizing Number of Excitation (NEX) to Signal To-Noise Ratio (SNR) and Scanning Time in the MRI Examination. This final assignment is under guidance Prof. Dr. Ir. Suhariningsih and Drs. Tri Anggono Priyo, Physics Department, Faculty of Science and Technology, Airlangga University.

ABSTRACT

Research of Optimizing Number of Excitation (NEX) to Signal To-Noise Ratio (SNR) and Scanning Time in the MRI Examination has been studied. The purpose of this study was to study about the influence of NEX shift to SNR and scanning time and to obtain the NEX value which has more optimum image quality with high SNR and minimum scan time. The study was performed in Haji Hospital at Surabaya with MR Siemens Esensa 1,5 Tesla by shifting NEX from 1 to 4 in head (brain) examination axial T1 weighted with spin echo sequence. SNR value was obtained by measuring the ROI at *white matters*, *grey matters* and CSF to attain the signal average value. Experiment result showed that the high NEX causing the better SNR but take a long time to scan. The result of the statistic test (ANOVA and Pearson correlation) showed that there was significant influence of NEX to SNR and scan time. SNR of the at *white matters*, *grey matters* and CSF is increases from NEX 1 to 2 is 34%, from NEX 2 to 3 is 72%, for NEX 3 to 4 is 105%. To get the greatest SNR is used NEX 4. Meanwhile, to get an optimal image with good SNR and minimum scan time, the NEX 3 is suggestion.

Keywords: NEX, SNR, scan time, T1 weighted Image *spin echo*, MRI brain.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala berkah dan rahmat serta karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Optimalisasi *Number of Excitation* (NEX) terhadap *Signal To-Noise Ratio* (SNR) dan Kecepatan Waktu *Scanning* Pada Pemeriksaan MRI**”.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung ataupun tidak langsung, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan bagi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi tepat waktu.
2. Ibu Sri Megawati, Ayah Sutopo yang senantiasa berdoa dan mendukung setiap langkah, serta memberikan kasih sayang dan dukungan selalu.
3. Prof. Dr. Ir. Suhariningsih. sebagai pembimbing I yang senantiasa sabar dan membantu dalam menyusun naskah skripsi ini, dan selalu memberikan saran dan kritik agar naskah skripsi ini lebih baik.
4. Drs. Tri Anggono Priyo sebagai pembimbing II yang senantiasa sabar dan membantu dalam menyusun naskah skripsi ini, dan selalu memberikan saran dan kritik agar naskah skripsi ini lebih baik.
5. Bapak Ahmad Muzammil, selaku pembimbing lapangan di Rumah Sakit Umum Haji Surabaya yang senantiasa membantu ketika melakukan pengambilan data.

6. Drs. Bambang Suprijanto, M.Si., selaku dosen penguji I seminar hasil merangkap sebagai dosen wali yang senantiasa membimbing sejak awal masuk dunia perkuliahan.
7. Jan Ady, S.Si, M.Si., selaku dosen penguji II yang telah memberikan masukan dan perbaikan hingga terselesaikannya skripsi ini.
8. Eli Krisniawati, Hanu Lutvia, Achmad Haries Firmansyah, Moh. Saad Baruqi sebagai rekan satu topik MRI serta Siti Zumrokatus Sholikhah dan Anis Nurul Aini sebagai rekan satu tempat penelitian di RSUD Haji Surabaya.
9. Maya Ardiati, dan Ninis Nurhidayah terimakasih atas doa dan dukungan yang selalu diberikan selama ini.
10. Teman-teman Fisika 2012 yang sangat luar biasa dalam berjuang menjalani perkuliahan selama di dunia Fisika.
11. Serta pihak-pihak yang belum sempat saya sebutkan disini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan proposal skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, 21 Juli 2016

Penulis,

Diana Ega Rani

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Komponen MRI.....	6
2.1.1 Magnet Utama.....	6
2.1.2 Koil Radiofrekuensi (RF).....	8
2.1.1 Koil Gradien.....	9
2.1.2 Sistem Komputer.....	10
2.2 Prinsip Dasar MRI.....	10
2.2.1 Frekuensi Larmor.....	11
2.2.2 Fase Resonansi.....	15
2.2.3 Fase Relaksasi.....	16

2.3 Kontras pada Citra MRI.....	20
2.4 Parameter Citra MRI.....	22
2.4.1 <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR).....	22
2.4.2 <i>Number of Excitation</i> (NEX).....	24
2.4.3 Waktu <i>Scanning</i>	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.2 Subyek Penelitian.....	27
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	26
3.4 Rancangan Penelitian.....	30
3.5 Variabel Penelitian.....	30
3.5.1 Variabel Bebas.....	30
3.5.2 Variabel Terikat.....	30
3.5.3 Variabel Terkendali.....	30
3.5.4 Definisi Operasional.....	31
3.6 Prosedur Penelitian.....	32
3.6.1 Diagram Alir Penelitian.....	32
3.6.2 Tahap Persiapan.....	33
3.6.3 Tahap Pencitraan.....	33
3.6.4 Pengambilan Data.....	34
3.7 Analisis Data.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Hasil Analisis Citra secara Kuantitatif.....	39
4.1.1 <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR).....	39
4.1.2 Waktu <i>Scanning</i>	44
4.2 Hasil Analisis Pengaruh Variasi NEX terhadap SNR.....	45
4.3 Hasil Analisis Pengaruh Variasi NEX terhadap Waktu <i>Scanning</i>	48
4.4 Analisis Nilai Optimal NEX.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1 Kesimpulan.....	53

5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Komponen <i>Hardware</i> MRI	6
2.2	Ilustrasi Magnet Superkonduktor	8
2.3	Koil Kepala dan Lutut	9
2.4	(A) <i>Spinning</i> (pergerakan presisi pada sumbu) Proton Tunggal Atom ^1H Tanpa Keberadaan Medan Magnet Eksternal. (B) <i>Spinning</i> Proton dalam Keadaan Medan Magnet Eksternal Menyebabkan <i>Spin</i> Berada Dalam Keadaan Searah Dan Berlawanan Arah Medan Magnet Eksternal	12
2.5	Ilustrasi Magnetisasi dalam Kondisi Keseimbangan	13
2.6	Perbedaan energi (ΔE) bergantung pada B_0	14
2.7	Grafik Relaksasi T1	17
2.8	Grafik Relaksasi T2	18
3.1	Pesawat MRI Siemens Esensa 1,5 T pada Instalasi Radiologi RSU Haji Surabaya	28
3.2	Perangkat komputer pada Instalasi Radiologi RSU Haji Surabaya	28
3.3	<i>Processor</i> Film tipe : DRYSTAR DT 2 B, 8 X 10" dan 14 X 17" pada Instalasi Radiologi RSU Haji Surabaya	29
3.4	Film tipe : <i>Agfa Healthcare NV DRYSTAR DT 2 B</i> pada Instalasi Radiologi RSU Haji Surabaya	29
3.5	Diagram alir penelitian	32
4.1	Hasil Citra MRI kepala NEX 1-4 Pasien 1	37
4.2	Hasil pengukuran ROI pada citra pemeriksaan MRI kepala Pasien 1 variasi NEX 1	38
4.3	Grafik Perubahan NEX terhadap nilai SNR	41

4.4	Grafik Perubahan NEX terhadap waktu Pencitraan	44
4.5	Grafik perpotongan antara linearitas SNR dan penurunan Waktu <i>Scanning</i> terhadap variasi NEX	52

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Nilai T1 (ms) dan T2 (ms) pada Beberapa Jaringan pada Kuat Medan Magnet 1,5 Tesla	19
2.2	Peningkatan SNR dengan kenaikan NEX	25
4.1	Hasil Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 1	39
4.2	Hasil perhitungan SNR seluruh jaringan Pasien 1	40
4.3	Rata-rata Hasil SNR seluruh Jaringan Pasien 1	40
4.4	Prosentase Peningkatan SNR dengan Perubahan NEX	41
4.5	Hasil Uji ANOVA Nilai SNR Pasien 1	43
4.6	Kenaikan SNR Setiap Pasien terhadap NEX dalam Persen dan Waktu <i>Scanning</i>	49

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran	Halaman
1	Penjelasan Singkat Penelitian	56
2	Lembar <i>Inform Consent</i>	59
3	Check List Pemeriksaan MRI	60
4	Sertifikat Kaji Etik	63
5	Surat Keterangan Penelitian	64
6	Data Pemeriksaan Mri Pasien 1 Sampai Pasien 11	67
7	Analisis Data Pasien	122

DAFTAR SINGKATAN

CNR	: <i>Contrast to Noise Ratio</i>
FA	: <i>Flip Angle</i>
FOV	: <i>Field Of View</i>
MRI	: <i>Magnetic Resonance Imaging</i>
NEX	: <i>Number of Excitation</i>
RF	: <i>Radiofrekuensi</i>
SE	: <i>spin echo</i>
SNR	: <i>Signal to Noise Ratio</i>
TE	: <i>Time Echo</i>
TR	: <i>Time Repetition</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aplikasi ilmu fisika hingga saat ini banyak digunakan dalam berbagai bidang, salah satunya adalah dalam *medical imaging*. Dengan menggabungkan teknik fisika, elektronika dan komputer dapat dilakukan pencitraan bagian-bagian dalam tubuh manusia tanpa intervensi ke dalam tubuh yang bermanfaat bagi dokter untuk mendiagnostik penyakit secara tepat. Pencitraan non-invasif dapat menggunakan alat *CT-scan* dan *Magnetic Resonance Imaging (MRI)*.

Pemeriksaan MRI bertujuan untuk mengetahui karakteristik morfologik baik lokasi, ukuran, bentuk perluasan maupun yang sesuatu lain dari keadaan patologis. Tujuan tersebut dapat diperoleh dengan menilai salah satu atau kombinasi gambar penampang tubuh aksial, sagittal, koronal atau blik patologisnya. Salah satu jenis pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan kepala untuk melihat kelainan seperti stroke, pendarahan otak, infeksi, tumor dan lain-lain (Notosiswoyo 2004). Untuk itu diperlukan perhatian khusus pada parameter MRI agar keadaan patologis di kepala dapat tervisualisasikan dengan baik.

Teknik pencitraan pada MRI memanfaatkan unsur proton Hidrogen yang banyak terdapat dalam tubuh manusia sehingga sesuai untuk pencitraan jaringan lunak. Proton Hidrogen dalam sel tubuh berputar (*spinning*) jika ditempatkan dalam medan magnet, apabila proton Hidrogen ini ditembak dengan gelombang radio frekuensi, maka proton Hidrogen akan beresonansi. Apabila radio frekuensi

dimatikan, maka proton yang bergetar akan kembali ke posisi semula dan akan menginduksi kumparan koil penerima untuk menghasilkan sinyal elektrik. Sinyal elektrik tersebut ditangkap kemudian di proses dalam komputer untuk disusun menjadi sebuah citra (Joseph P. Hornak, 1966-2014). Pemanfaatan medan magnet dan radio frekuensi untuk menghasilkan gambar termasuk lebih aman karena tidak menyebabkan radiasi ionisasi yang berbahaya.

Tiga parameter terpenting untuk menentukan kualitas citra MRI, yaitu: *Contrast to Noise Ratio* (CNR), resolusi spasial dan *Signal to Noise Ratio* (SNR). SNR adalah perbandingan besarnya amplitudo signal dan besarnya amplitudo noise gambar MRI (Kuperman, 2000). SNR menjadi parameter terpopuler untuk mengukur kualitas gambar MRI (D. Erdogmus dkk., 2004). SNR menjadi parameter penting karena dengan SNR yang baik maka akan memudahkan pengamat dalam membedakan struktur yang berbeda pada suatu gambar. SNR dapat ditingkatkan dengan meningkatkan *signal averaging* (sinyal rata-rata). Sinyal rata-rata adalah pendekatan dimana sinyal akuisisi diulang beberapa kali untuk masing-masing fase-encoding. Setiap sinyal yang dirata-rata pada gambar memberikan kontribusi terhadap kualitas gambar yang dihasilkan. Peningkatan SNR dari sinyal rata-rata sebanding dengan akar kuadrat dari *Number of Excitation* (NEX) (Joseph P. Hornak, 1966-2014).

NEX adalah nilai yang menunjukkan jumlah pengulangan pencatatan data selama akuisisi dengan amplitudo dan fase encoding yang sama. NEX mengontrol sejumlah data yang masing-masing disimpan dalam lajur *k-space*. Data tersebut terdiri dari sinyal dan noise (Westbrook, 2011). Nilai NEX yang semakin tinggi

akan meningkatkan SNR karena proses pengulangan data tanpa mengubah fase encoding akan meningkatkan amplitudo sinyal secara linear (Westbrook, 2011). Akan tetapi peningkatan NEX menyebabkan waktu *scanning* menjadi panjang berakibat pada besarnya biaya yang harus dikeluarkan karena pencitraan MRI termasuk *medical imaging* yang mahal dan tidak efektif untuk mesin MRI itu sendiri karena harus bekerja dalam jangka waktu panjang (Joseph P. Hornak, 1966-2014). Selain itu, waktu *scanning* memegang peranan penting untuk meningkatkan probabilitas terjadinya *motion artifact* yaitu artefak (penampakan/gambaran yang tidak diinginkan karena menurunkan kualitas gambar) yang disebabkan oleh gerakan (Woodward, 1997).

Pada pemeriksaan MRI, waktu *scanning* seharusnya lebih cepat lebih baik tetapi dengan meningkatkan NEX waktu *scanning* juga semakin panjang. Rochmayanti pada tahun 2013 melakukan penelitian untuk menentukan nilai optimal NEX untuk pemeriksaan MRI *vertebra servical* yang menghasilkan nilai optimal NEX adalah 3.

Pemeriksaan MRI harus sesuai dengan organ yang akan dilihat lokasi patologisnya (Notosiswoyo 2004). Setiap organ memerlukan parameter masing-masing dan pemeriksaan MRI kepala banyak dilakukan di RSUD Haji Surabaya yang menjadi tempat penelitian. Anatomi kepala dengan *vertebra servical* sangat berbeda dimana pada *vertebra servical* cenderung lebih banyak pergerakan, terutama proses menelan dan derasnya aliran cairan *cerebro spinal fluid* (CSF) dari otak ke sumsum tulang belakang sehingga *motion artifact* berpeluang lebih besar jika dibandingkan dengan di kepala. Penyebab lain yaitu setiap organ tubuh

memiliki kandungan hidrogen yang berbeda menyebabkan jumlah proton yang beresonansi juga berbeda sehingga hasil SNR gambar dan waktu pencitraan juga berbeda sehingga nilai optimal NEX untuk *vertebra servical* tidak dapat dijadikan patokan untuk pemeriksaan organ tubuh yang lain termasuk kepala. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai optimal NEX untuk menghasikan SNR baik dan waktu *scanning* singkat pada pemeriksaan MRI kepala.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah diberikan pada latar belakang, permasalahan yang dapat diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Bagaimana pengaruh variasi NEX terhadap SNR dan waktu *scanning*?
2. Berapa nilai optimal NEX untuk mendapatkan SNR baik dengan waktu *scanning* singkat?

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan penelitian maka perlu dilakukan pendekatan terhadap system antara lain,

1. *Scanning* dilakukan pada kepala dengan pembobotan T1 sekuen *spin echo* potongan aksial
2. Nilai NEX yang digunakan adalah 1, 2, 3, dan 4,
3. parameter FOV sebesar 230mm,
4. *Slice Thickness* sebesar 5mm,

5. Jumlah *Slice* adalah 19,
6. Matriks PI sebesar 320 x 320,
7. TR sebesar 370 ms,
8. TE sebesar 10 ms,
9. Bandwidth sebesar 143 Hz/Px dan
10. *Flip Angle* sebesar 90^0 .

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Menentukan pengaruh variasi NEX terhadap SNR dan waktu *scanning* untuk menentukan nilai optimal NEX.
2. Menentukan nilai optimal NEX untuk mendapatkan SNR baik dengan waktu *scanning* singkat

1.5 Manfaat Penelitian

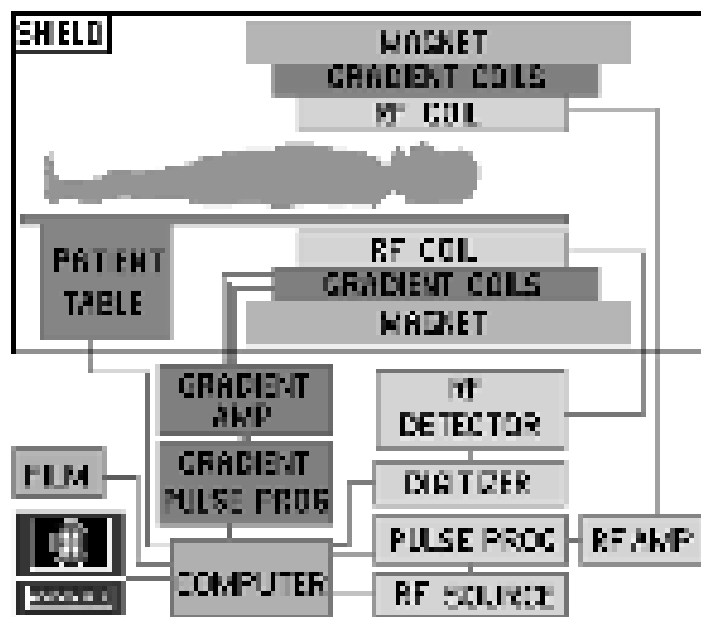
Berdasarkan penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang optimalisasi nilai NEX terhadap SNR dan waktu *scanning* pada MRI kepala. Kemudian hasil dari penelitian ini dapat menjadi referensi bagi operator pesawat MRI untuk mengoptimalkan NEX dan mendapatkan gambar yang baik sehingga dokter dapat memberikan diagnosis penyakit dengan tepat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komponen MRI

Menurut Hornak, J.P., 1996-2015, Komponen utama MRI terdiri dari magnet utama, koil radiofrekuensi (RF), koil gradien dan sistem komputer.



Gambar 2.1 Komponen *Hardware* MRI (Hornak, JP, 1996-2011)

2.1.1 Magnet Utama

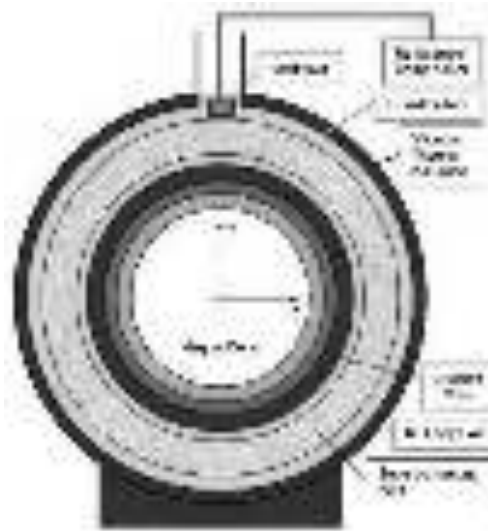
Magnet utama adalah magnet yang memproduksi medan magnet yang besar dan mampu menginduksi jaringan tubuh sehingga menimbulkan magnetisasi. Medan magnet yang dihasilkan harus statis, kuat, dan homogen. Terdapat tiga jenis magnet utama yaitu magnet permanen, magnet resistif dan magnet superkonduktor.

Magnet permanen terbuat dari beberapa paduan, antara lain paduan neodmium-besi-boron (NdFeB), keramik ferromagnetik, paduan alnico (aluminium-nikel-besi-kobalt) dan paduan samarium kobalt. Kekuatan medan magnet yang dihasilkan dari masing-masing bahan bergantung pada dua parameter. Pertama, pengaruh medan magnet luar yang diperlukan untuk memagnetisasi bahan. Kedua, kekuatan maksimal bahan untuk menerima induksi magnetik dari luar. Magnet permanen memiliki kelemahan antara lain: kuat medan magnet maksimum yang dihasilkan relatif rendah (0,2-0,3 Tesla), magnet permanen sangat sensitif terhadap fluktuasi suhu, bahan magnet permanen terlalu berat, dan membutuhkan biaya tinggi (Kooperman, 2000).

Magnet resistif menghasilkan medan magnet yang kuat dengan mengalirkan suatu arus listrik yang besar melalui suatu kumparan tembaga, aluminium, atau materi yang lain yang mempunyai hambatan listrik (electric resistance) rendah. Magnet resistif menghasilkan daya tinggi sehingga menghasilkan panas. Diperlukan pendingin khusus untuk menstabilkan suhu magnet karena fluktuasi suhu dapat mengubah konduktivitas dari kumparan magnet dan dengan demikian menyebabkan perubahan signifikan pada medan magnet utama (Kooperman, 2000).

Magnet superkonduktor memakai prinsip sama dengan magnet resistif. Karakteristiknya adalah tahanan berpengantar nol, arus listrik kontinu, medan magnet konstan, membutuhkan pendingin (helium) dan stabilitas medan magnet tinggi serta homogen. Magnet superkonduktor mampu menghasilkan medan magnet sebesar 1,5 Tesla atau lebih. Sebuah magnet

superkonduktor adalah elektromagnet yang terbuat dari kawat superkonduktor. Kawat superkonduktor memiliki resistansi sama dengan atau mendekati nol ketika didinginkan sampai suhu mendekati nol mutlak ($-273,15^{\circ}\text{C}$ atau 0 K) dengan cara merendam dalam helium cair. Perbaikan desain selanjutnya dengan menggantikan nitrogen dengan *cryocooler* atau *refrigerator*. Ada *refrigerator* di luar magnet yang terhubung dengan *coldhead* dalam helium cair. Desain ini dirasa lebih efektif karena tidak lagi membutuhkan isi ulang nitrogen cair, dan meningkatkan umur helium terus cair sehingga mencapai 3-4 tahun, ilustrasi pada gambar 2.2 (Kooperman, 2000).



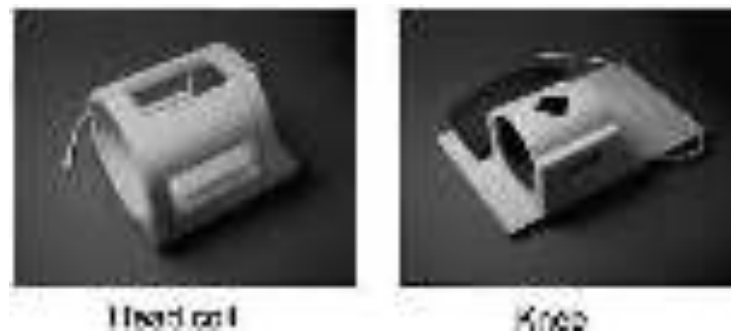
Gambar 2.2 Ilustrasi Magnet Superkonduktor (Hornak,JP, 1996-2011)

2.1.2 Koil Radiofrekuensi (RF)

Koil radio frekuensi (RF Coil) terdiri dari dua jenis yaitu koil pemancar dan koil penerima. Koil pemancar berfungsi untuk memancarkan gelombang radio frekuensi pada inti yang terlokalisir sehingga terjadi

resonansi, sedangkan koil penerima berfungsi untuk menerima sinyal output setelah proses resonansi terjadi. Koil RF dirancang untuk sedekat mungkin dengan obyek agar sinyal yang diterima memiliki amplitudo besar. Ada dua jenis koil RF yaitu kumparan volume dan kumparan permukaan (Blink, 2004).

Terdapat dua jenis koil volume yaitu koil kepala dan kumparan koil lutut yang berbentuk seperti pelana dan diharapkan mampu menerima dan memancarkan RF dengan baik. Koil permukaan terbuat dari kumparan kawat tembaga yang berbentuk datar dan diletakkan dipermukaan tubuh pasien. Koil permukaan memiliki kelemahan yaitu keseragaman sinyal akan menurun sangat cepat ketika pasien dijauhkan dari koil (Blink, 2004).



Gambar 2.3 Koil Kepala dan Lutut (Blink, 2004).

2.1.3 Koil Gradien

Koil gradien dipakai untuk membangkitkan medan magnet gradien yang berfungsi untuk menentukan irisan, pengkodean frekuensi, dan pengkodean fase. Terdapat tiga buah koil gradien masing-masing mengarahkan medan magnet sehingga berada pada sumbu x, y, z yang ketiganya dapat dioperasikan sesuai dengan kebutuhan untuk mendapatkan

pulsa sekuens dan tempat lokalisasi yang tepat pada irisan anatomi tubuh (Blink, 2004).

Sistem pencitraan yang berfungsi membentuk citra terdiri dari tiga buah kumparan koil, yaitu koil gradien X untuk membuat citra potongan sagital, koil gradien Y untuk membuat citra potongan koronal, koil gradien Z, untuk membuat citra potongan aksial, dan gabungan koil gradien X,Y, dan Z jika bekerja secara bersamaan maka akan terbentuk potongan oblik. Kumparan gradien dibagi 3, yaitu kumparan gradien pemilihan *slice* (Gz), kumparan gradien pemilihan fase encoding (Gy), kumparan gradien pemilihan frekuensi encoding (Gx).

2.1.4 Sistem Komputer

Sistem komputer bertugas sebagai pengendali dari sebagian besar peralatan MRI. Dengan kemampuan piranti lunaknya yang besar, komputer mampu melakukan tugas-tugas multi, diantaranya adalah operator input, pemilihan potongan, kontrol sistem gradient, kontrol sinyal RF. Disamping itu, komputer juga berfungsi untuk mengolah sinyal hingga menjadi citra MRI yang bisa dilihat melalui layar monitor, disimpan ke dalam memori atau bisa langsung dicetak.

2.2 Prinsip Dasar MRI

Dalam tubuh manusia terdapat air (H₂O) yang terdiri dari 2 atom hidrogen dan memiliki nomor atom 1 (ganjil) yang dominan pada tubuh manusia dan

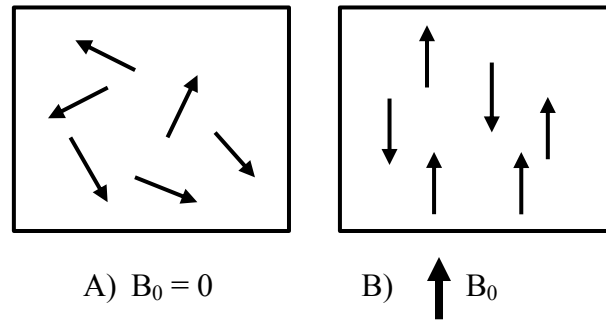
mempunyai inti atom bebas yang akan menghasilkan jaringan magnetisasi. Inti Hidrogen merupakan kandungan inti terbanyak dalam jaringan tubuh manusia yaitu 1019 inti/mm^3 , memiliki konsentrasi tertinggi dalam jaringan 100 mmol/Kg dan memiliki gaya magnetik terkuat dari elemen lain (Kooperman, 2000).

Hidrogen memiliki *abundance* terbesar. Dimana *abundance* adalah perbandingan jumlah atom suatu isotop unsur tertentu terhadap jumlah atom seluruh isotop yang ada dan dinyatakan dalam persen. Oleh karena itu, Hidrogen adalah elemen utama yang digunakan untuk MRI. Pada atom dengan nomor atom genap, inti atom akan berpasang-pasangan sehingga saling meniadakan efek magnetik dengan demikian tidak terdapat inti bebas yang akan membentuk jaringan magnetisasi sehingga sulit untuk dirangsang agar terjadi pelepasan (Kooperman, 2000).

2.2.1 Frekuensi Larmor

Dalam keadaan normal proton-proton hidrogen dalam tubuh tersusun secara acak sehingga tidak dihasilkan jaringan magnetisasi (Gambar 2.3 A). Ketika pasien dimasukkan kedalam medan magnet yang kuat dalam pesawat MRI, *magnetic dipole* proton pada tubuh akan searah (paralel) dan tidak searah (antiparalel) dengan kutub medan magnet pesawat (Gambar 2.3 B). Proton dengan vektor magnetik paralel dengan arah medan magnet ($m_I = 1/2$) akan memiliki energi yang sedikit lebih rendah dari yang antiparalel ($m_I = -1/2$). Selisih proton-proton yang searah dan berlawanan arah amat sedikit dan tergantung kekuatan medan magnet pesawat MRI. Selisih inilah

yang akan merupakan inti bebas (tidak berpasangan) yang akan membentuk jaringan magnetisasi.



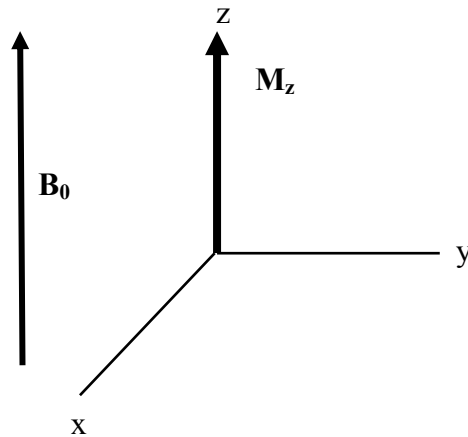
Gambar 2.4 (A) *Spinning* (pergerakan presisi pada sumbu) Proton Tunggal

Atom ^1H Tanpa Keberadaan Medan Magnet Eksternal. (B) *Spinning* Proton dalam Keadaan Medan Magnet Eksternal Menyebabkan *Spin* Berada Dalam Keadaan Searah Dan Berlawanan Arah Medan Magnet Eksternal (A. Pawiro, 2004).

Dipol yang membentuk jaringan magnetisasi tersebut cenderung dengan arah kutub medan magnet pesawat MRI (B_0) dikenal juga dengan arah longitudinal (sumbu Z) (Gambar 2.5). Jaringan magnetisasi tersebut sulit diukur karena arah induksi magnetnya sama dengan arah induksi magnet pesawat MRI, sehingga dibutuhkan perubahan arah induksi magnet dari dipol-dipol tersebut dengan menggunakan gelombang radio.

Dipol-dipol selain terus melakukan *spin* juga melakukan gerakan relatif. Gerakan relatif tersebut serupa dengan gerakan permukaan gasing (*spinning to toy*). Gasing berputar di atas sumbu bidang vertikal yang bergerak membuat bentuk seperti sebuah kerucut. Gerakan ini disebut dengan presesi. Frekuensi gerakan presesi tergantung pada jenis atom dan kekuatan medan

magnet yang diberikan pada jaringan. Semakin besar kuat medan magnet semakin cepat preresi proton tersebut, frekuensi preresi yang tergantung pada kuat medan magnet disebut dengan frekuensi Larmor.



Gambar 2.5 Ilustrasi Magnetisasi dalam Kondisi Kesetimbangan (A. Pawiro, 2004)

Menurut persamaan Larmor, preresi *single proton* pada porosnya dengan frekuensi sudut, sebanding dengan kekuatan medan magnet eksternal. Kelompok proton dalam keadaan energi paralel dan anti paralel menghasilkan sebuah magnetisasi *equilibrium*. Karena jumlah energi *spin* pada keadaan paralel lebih besar daripada keadaan anti paralel, maka menghasilkan resultan vektor magnetisasi searah keadaan paralel atau searah medan sumbu longitudinal.

Selisih energi proton yang paralel dan anti paralel dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1

$$\Delta E = h\gamma B_0 \quad (2.1)$$

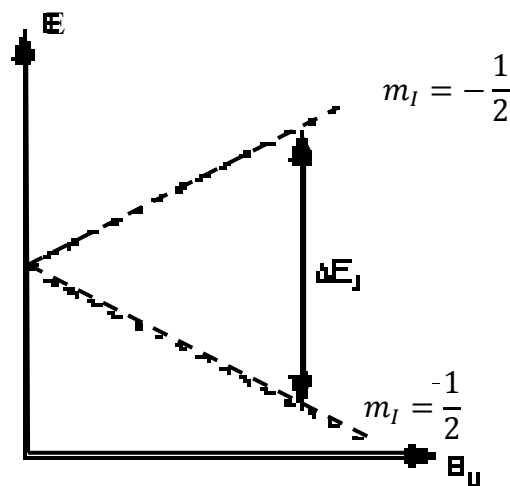
dimana h adalah konstanta plank ($h = 6,626 \times 10^{-34} \text{Js}$), γ rasio giromagnetik proton, dan B_0 adalah medan magnetik luar. Perbedaan energi tersebut merupakan jumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeksitasi proton dari tingkat energi rendah ke energi tinggi (naik satu level). Energi tersebut dapat dihasilkan dari radiasi elektromagnetik dari frekuensi yang sesuai (f) yang harus memiliki energi ε (sesuai persamaan 2.2). Energi foton dan perbedaan energi (ΔE) harus sama agar terjadi resonansi seperti dalam gambar 2.6.

$$\varepsilon = hf = \Delta E \quad (2.2)$$

Sehingga,

$$f = \gamma B_0 \quad (2.3)$$

dengan, f adalah frekuensi Larmor (MHz), γ adalah rasio giromagnetik (MHz Tesla⁻¹) dan B_0 adalah medan magnet luar (Tesla).



Gambar 2.6 Perbedaan energi (ΔE) bergantung pada B_0 (Forshult, 2007)

Bila diterapkan medan magnet eksternal dalam suatu jaringan sebesar 1 Tesla, presisi inti atom dalam jaringan mempunyai frekuensi presisi

yang berbeda tergantung besar rasio giromagnetiknya. Besar frekuensi Larmor atom Hidrogen adalah 42,6 MHz untuk kuat medan magnet 1 Tesla. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan sinyal yang diterima oleh koil penerima, gelombang radio yang dipancarkan terhadap pasien adalah 42,6 MHz (A. Pawiro, 2004).

2.2.2 Fase Resonansi

Resonansi adalah peristiwa bergetarnya suatu materi akibat getaran materi lain yang mempunyai frekuensi yang sama. Dalam MRI resonansi merupakan peristiwa perpindahan energi dari pulsa *Radio Frekuensi* (RF) ke proton hidrogen karena kesamaan frekuensi. Resonansi terjadi bila atom hidrogen dikenai pulsa RF yang memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi Larmor atom hidrogen tersebut. Pulsa RF merupakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi antara 30-120 MHz. Untuk medan magnet 1,5 Tesla pulsa RF yang dibutuhkan agar terjadi resonansi adalah 63,855 MHz (Blink, 2004). Pada keadaan setimbang, magnetisasi proton berada disepanjang sumbu-z (longitudinal), yaitu searah dengan medan magnetisasi luar.

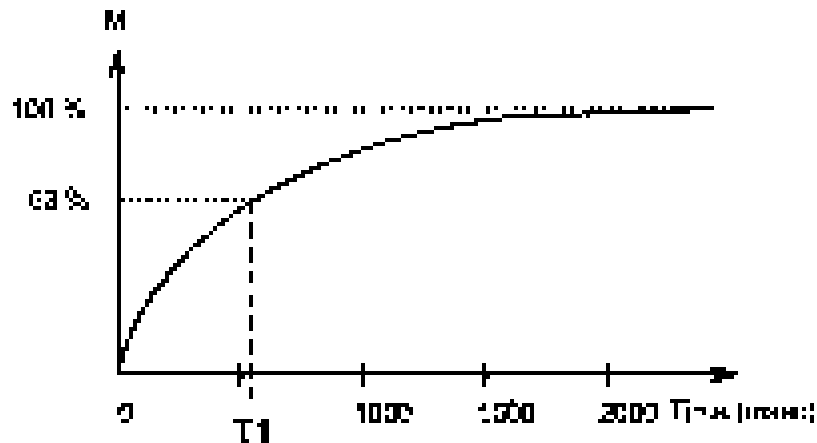
Ketika proton-proton hidrogen mengalami satu presesi, maka proton-proton akan mudah menyerap energi luar. Pada saat fase presesi itulah pulsa RF dipancarkan dan proton-proton hidrogen akan menyerapnya dan mulai bergerak meninggalkan arah longitudinal menuju kearah transversal (tegak

lurus terhadap sumbu medan magnet pesawat/sumbu longitudinal z) dan menghasilkan magnetisasi transversal (Blink, 2004).

2.2.3 Fase Relaksasi

Ketika proton-proton hidrogen berada pada bidang transversal, akan menginduksikan sinyal dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang akan diterima oleh sebuah kumparan atau antena penerima disisi pesawat MRI. Saat pancaran frekuensi radio dihentikan proton-proton secara perlahan kehilangan energinya dan mulai bergerak meninggalkan arah transversal (*decay*) menuju kembali kearah longitudinal (*recovery*) sambil melepaskan energi yang diserapnya dari pulsa RF dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang dikenal sebagai *signal MRI*, fase ini disebut fase relaksasi (McRobby, 2006).

Fase relaksasi dibagi menjadi T1 dan T2. T1 didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk memulihkan magnetisasi longitudinal sebesar 63% setelah pulsa RF dimatikan (Gambar 2.7) (Blink, 2004). T1 mencerminkan tingkat transfer energi RF dari proton-proton keseluruhan jaringan sekitar (*Tissue-Lattice*) sehingga T1 biasa pula dikenal istilah "*Spin Lattice-Relaxation*" (A. Pawiro, 2004). Atom Hidrogen pada jaringan yang berbeda dalam tubuh manusia memiliki nilai T1 yang berbeda pula, hal ini dikarenakan perbedaan kondisi lingkungan makromolekulnya (Tabel 2.1). Jika T1 makin lama maka diperoleh sinyal yang makin besar.

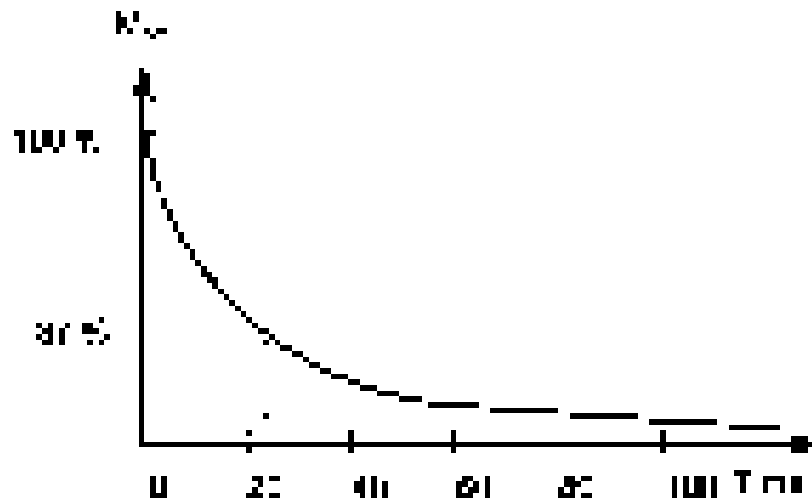


Gambar 2.7 Grafik Relaksasi T1 (Blink, 2004)

Kurva menunjukkan bahwa pada waktu titik 0 msec yang tidak ada magnetisasi di arah Z tepat setelah pulsa RF diberikan. Tetapi magnetisasi longitudinal (M_z) sesegera mulai memulihkan diri sepanjang sumbu Z. Kurva yang sama dapat ditarik untuk masing-masing jaringan yang berbeda. Setiap jaringan akan melepaskan energi di tingkat yang berbeda dan itu yang mengakibatkan MRI memiliki resolusi kontras yang baik. (Blink, 2004).

T1 dan T2 terjadi secara bersamaan. Relaksasi T1 menjelaskan apa yang terjadi dalam arah Z, sementara relaksasi T2 menjelaskan apa yang terjadi pada bidang XY. Itu sebabnya keduanya tidak berhubungan satu sama lain (Blink, 2004). Ketika pemberian pulsa RF maka akan diperoleh sinyal dari arah transversal maksimum. Akan tetapi ketika RF dihentikan, magnetisasi transversal yang memancarkan sinyal awal maksimum berangsur-angsur mulai berkurang (*decay*) (McRobby, 2006). Awalnya presesi proton-proton berada dalam laju dan arah atau fase yang sama, tetapi secara perlahan satu sama lain keluar dari fase yang satu tersebut atau mengalami *dephasing*

disebabkan terjadinya interaksi masing proton dengan proton-proton disekitarnya atau interaksi *spin-spin*. Proses keseluruhan dalam fase total *dephasing* disebut T2 relaksasi (Blink, 2004).



Gambar 2.8 Grafik Relaksasi T2 (Blink, 2004)

Tepat setelah pulsa RF 90^0 diberikan, seluruh magnetisasi dirubah arah menuju sumbu XY. Saat titik 0 msec seluruh spin sefase, tetapi sesegera mungkin memulai *dephasing* (Gambar 2.8). T2 didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan magnetisasi transversal untuk meluruh 37% dari nilai awalnya (Hashemi, H. R. 1997). Tingkat tersebut berbeda untuk setiap jaringan. Jaringan lemak akan *dephasing* cepat, sementara air akan *dephasing* jauh lebih lambat.

Waktu relaksasi T2 akan lebih pendek dari pada waktu relaksasi T1 (Tabel 2.1). Secara umum pada pembobotan T2, jaringan dengan waktu relaksasi T2 panjang (seperti cairan *cerebro spinal* sekitar 250 ms akan tampak terang dan jaringan dengan waktu relaksasi T2 pendek (seperti lemak

sekitar 80 ms) akan tampak gelap. Kecepatan meluruhnya komponen magnetisasi transversal tergantung dari konstanta waktu relaksasi transversal atau waktu relaksasi *spin-spin*, yang merupakan interaksi antara proton dengan proton. Berdasarkan mekanisme relaksasi baik transversal maupun longitudinal di atas, untuk berbagai jaringan dalam tubuh mempunyai perilaku dan waktu relaksasi yang berbeda-beda.

Tabel 2.1 Nilai T1 (ms) dan T2 (ms) pada Beberapa Jaringan pada Kuat Medan Magnet 1,5 Tesla (Forshult, 2007)

Organ	T1 (ms)	T2 (ms)
Darah	1000	180
Tulang	pendek	Sangat pendek
<i>Cerebrospinal Fluid (CSF)</i>	2000	250
Lemak	250	80
<i>Gray brain matter</i>	900	100
Liver	500	40
Paru-paru	-	-
Otot	850	45
<i>White brain matter</i>	800	90
Air	3000	2500

Sinyal MRI merupakan tegangan yang tercatat ketika terjadi induksi medan magnet terhadap koil penerima. Induksi ini terjadi pada keadaan *in phase* pada bidang transversal ketika proses magnetisasi transversal. Kuat dan lemahnya magnetisasi pada bidang transversal ini akan berpengaruh pada kekuatan sinyal MRI dan berpengaruh pada intensitas gelap dan terang pada citra MRI. Bila signal MRI kuat maka akan memberikan gambaran citra yang terang atau *hiperintens*, sedangkan apabila signal MRI lemah akan memberikan citra MRI gelap atau

hipointens. Bila pulsa RF dihentikan, magnetik moment pada bidang transversal yang dalam keadaan *in phase* akan mengalami *dephase* kembali sehingga magnetisasi pada bidang transversal akan menurun, akibatnya induksi pada koil penerima juga akan semakin melemah (Westbrook, 2011).

2.3 Kontras pada Citra MRI

Kontras citra pada MRI dibentuk oleh perbedaan gelap dan terang yang diakibatkan karena perbedaan kuat sinyal MRI. Sinyal MRI kuat mengakibatkan citra terang atau *hiperintens*, sedangkan sinyal MRI lemah menyebabkan citra gelap atau *hipointens*. Suatu daerah yang diperiksa bisa menjadi *hiperintens* atau *hipointens* tergantung pada pembobotan citra yang dipilih. Secara umum ada tiga pembobotan citra yaitu T1 *Weighted Image*, T2 *Weighted Image*, dan *proton density* (Westbrook, 2011).

Pada pembobotan T1 diberikan TR yang cukup pendek sehingga baik jaringan lemak maupun air tidak cukup waktu untuk dapat kembali *recovery* pada nilai magnetisasi awal (B_0), Dengan demikian terjadi perbedaan yang cukup besar pada sinyal MRI dari air dan lemak. Waktu relaksasi T1 lemak lebih pendek (250 ms) dari pada waktu relaksasi T1 air (2000 ms) (Forshult, 2007), maka *recovery* lemak akan lebih cepat dari pada air sehingga komponen magnetisasi lemak pada bidang longitudinal lebih besar dari pada magnetisasi longitudinal pada air. Dengan demikian lemak memiliki intensitas sinyal yang lebih tinggi dan tampak terang pada kontras citra T1. Sebaliknya air akan tampak dengan intensitas sinyal yang rendah dan tampak gelap pada kontras citra pembobotan T1 (Westbrook, 2011).

Pada pembobotan T2 mengacu pada pemberian TE cukup panjang sehingga baik air maupun lemak memiliki cukup waktu untuk mengalami *decay* dan mengakibatkan terjadinya perbedaan sinyal yang cukup besar. Air mempunyai sinyal kuat sehingga memiliki gambaran *hiperintens* sedangkan lemak mempunyai sinyal lemah sehingga memiliki gambaran *hipointens*. Waktu relaksasi T2 lemak (90 ms) lebih pendek dari pada air (2500 ms), maka komponen magnetisasi transversal lemak akan *decay* lebih cepat dari pada air sehingga akan menghasilkan intensitas sinyal lemah sehingga tampak *hipointens* pada kontras citra pembobotan T2. Sebaliknya magnetisasi transversal pada air lebih besar karena akan *decay* lebih lama sehingga tampak *hiperintens* pada kontras citra pembobotan T2 (Westbrook, 2011).

Pada pembobotan *proton density* diberikan TR cukup panjang sehingga baik air maupun lemak akan sama-sama mempunyai cukup waktu untuk mengalami *recovery* menuju magnetisasi longitudinal awal sehingga menghilangkan gambaran pembobotan T1. Apabila pada saat yang bersamaan juga diberikan TE yang sangat pendek maka tidak cukup waktu bagi air maupun lemak untuk berelaksasi transversal sehingga menghilangkan gambaran pembobotan T2. Maka kontras citra yang terjadi adalah akibat perbedaan densitas atau kerapatan proton, yaitu jumlah proton persatuan volume. Suatu area dengan kerapatan proton yang tinggi akan tampak *hiperintens* sebaliknya suatu area dengan kerapatan proton yang rendah akan tampak *hipointens* (Westbrook, 2011).

2.4 Parameter Kualitas Citra MRI

Tiga parameter terpenting untuk menentukan kualitas citra MRI, yaitu *Signal to Noise Ratio* (SNR), *Contras to Noise Ratio* (CNR), dan resolusi spasial, (Kuperman, 2000). SNR adalah perbandingan besarnya amplitudo sinyal dan besarnya amplitudo noise citra MRI. CNR adalah perbedaan SNR antara dua organ yang saling berdekatan, CNR yang baik dapat menunjukkan perbedaan jaringan patologis dan jaringan sehat. Resolusi spasial adalah kemampuan untuk membedakan antara dua titik secara terpisah dan jelas, resolusi spasial menentukan resolusi gambar dan dikontrol oleh voxel (luas daerah peninaran).

2.4.1 *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Intensitas sinyal yang digunakan dalam rekonstruksi citra MRI selalu diganggu dengan *noise*, yang salah satu penyebabnya adalah fluktuasi acak arus listrik pada kiel penerima. adanya *noise* ini dapat menurunkan kualitas citra, sehingga terkadang cukup sulit untuk dapat membedakan berbagai obyek. Niali perbandingan *noise* dengan sinyal biasanya dinyatakan dalam *Signal to Noise Ratio* (SNR) (Prastowo dkk, 2013).

Secara sederhana SNR dirumuskan dalam persamaan 2.4 sebagai berikut.

$$SNR = voxel\ volume \sqrt{acquisition\ time} \quad (2.4)$$

Persamaan 2.1 menggunakan dua parameter, yaitu *voxel volume* dan *acquisition time*. *Voxel volume* merupakan volume dalam pasien dan ditentukan oleh pixel area pemeriksaan (FOV_x/N_x dan FOV_y/N_y , dimana

FOV_x dan FOV_y berturut-turut adalah *field of view* atau luas lapang pemeriksaan pada fase dan arah frekuensi *encoding*, untuk N_x dan N_y berturut-rurut adalah jumlah dari frekuensi dan fase *encoding* pada matriks citra) dan ketebalan *slice thickness* (ST), sehingga dapat ditulis dalam persamaan 2.5 berikut.

$$voxel\ volume = \frac{FOV_x}{N_x} \times \frac{FOV_y}{N_y} \times ST \quad (2.5)$$

acquisition time ditentukan oleh berapa lama waktu yang diperlukan untuk proses pencatatan sinyal selama satu frekuensi *encoding* dalam pencitraan. Lama waktu ini tergantung pada jumlah frekuensi *encoding* jumlah waktu yang diperlukan untuk mengakuisisi seluruh matriks citra. Jumlah frekuensi *encoding* disimbolkan N_x , sedangkan diperlukan untuk mengakuisisi seluruh matriks berbanding terbalik dengan N_x , tetapi sebanding dengan *bandwidth* penerima (RBW). Jadi, lama waktu yang yang diperlukan untuk proses pencatatan sinyal selama satu frekuensi *encoding* dalam pencitraan sama dengan $N_x \times 1/RBW$. Untuk menjadi sebuah citra dua dimensi diperlukan satu sinyal frekuensi *encoding* sampel sekali untuk setiap nilai fase *encoding* (N_y). Untuk meningkatkan SNR dari suatu citra, maka dapat dilakukan pengulangan pencatatan sinyal atau data selanjutnya dirata-rata. Jika rata-rata data dilambangkan sebagai N_{EX} , maka jumlah total waktu yang diperlukan dalam satu akuisisi dapat ditulis dalam persamaan 2.6 berikut.

$$acquitision\ time = \frac{N_x}{RBW} \times N_y \times N_{EX} \quad (2.6)$$

Sehingga SNR secara lengkap dapat di tulis dalam persamaan 2.7 sebagai berikut.

$$SNR = \frac{FOV_x}{N_x} \times \frac{FOV_y}{N_y} \times ST \times \sqrt{\frac{N_x N_y N_{EX}}{RBW}} \quad (2.7)$$

(Korosec, 2006).

Pengaplikasian perhitungan dalam setiap *scanning* telah menjadi perhitungan statistik pada sistem komputer pesawat MRI, sehingga dalam penentuan nilai SNR dapat menggunakan metode *Region of Interest* (ROI) dengan menggunakan nilai mean yang terdapat dalam setiap jaringan (Bjørnerud, 2008). Sehingga persamaan untuk mencari nilai SNR dapat didekati oleh persamaan (2.8).

$$SNR = \frac{S_{(signal)}}{N_{(noise)}} \quad (2.8)$$

Noise merupakan intensitas sinyal acak yang mempengaruhi citra, sehingga dengan adanya noise maka akan menurunkan kualitas citra. Noise didapatkan dari standar deviasi intensitas sinyal wilayah diluar obyek yang diukur dengan metode ROI (Weishaupt, 2006).

2.4.2 *Number of Excitation* (NEX)

Number of excitation (NEX) merupakan nilai yang menunjukkan pengulangan pencatatan data selama akuisisi dengan amplitudo dan fase atau arah *encoding* yang sama. NEX mengontrol jumlah data yang disimpan dalam

tiap-tiap lajur *K-space*. *K-space* adalah tempat dalam komputer berbentuk array yang berfungsi sebagai penyimpanan data sinyal yang tertangkap oleh koil penerima sebelum ditransformasikan menjadi citra dengan transformasi fourier (Forshult, 2007). Menduakalikan NEX maka menduakalikan jumlah data yang disimpan dalam lajur *K-space*. Dengan menaikkan NEX maka sinyal akan meningkat secara linier, sedangkan *noise* yang bersifat acak akan menambah *inkohorentitas*, sehingga SNR sebanding dengan akar dari NEX sesuai persamaan 2.7. Berarti jika menggandakan NEX, sinyal akan bertambah sebesar $\sqrt{2}$ atau 41%. NEX juga digunakan untuk menghitung waktu *scanning*, sehingga dengan menggandakan NEX maka waktu akan bertambah dua kalinya. Untuk mendapatkan peningkatan SNR sampai 100%, paling tidak harus menggunakan NEX 4 (Tabel 2.2), namun harus mempertimbangkan keadaan pasien, karena waktu yang dibutuhkan relatif lebih lama.

Tabel 2.2 Peningkatan SNR dengan kenaikan NEX (Woodward, 1997)

NEX	Faktor SNR	Prosentase
1	1,00	-
2	1,41	41
3	1,73	73
4	2,0	100
5	2,24	124

Mengubah NEX secara langsung akan berakibat pada SNR dan waktu *scanning*. Dengan menaikkan NEX maka SNR akan meningkat, waktu

scanning akan menjadi lebih lama dan memperbesar peluang terjadinya *motion artefact* yaitu pengaburan citra karena pergerakan. Sebaliknya, menurunkan NEX berakibat menurunnya SNR dan waktu pencitraan menjadi lebih cepat (Westbrook, 2011).

2.4.3 Waktu *Scanning*

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 (NEX) untuk menghasilkan citra. Waktu *scanning* ditunjukkan dalam Persamaan 2.9.

$$\text{Waktu Scan (menit)} = \frac{TR(\text{ms}) \times \text{Phase Encoding} \times \text{NEX}}{60000 \text{ s}} \quad (2.9)$$

Hal yang harus diperhatikan adalah dengan meningkatnya waktu *scanning* berarti memperbesar potensi untuk terjadinya *motion artefact*. Artefak tersebut disebabkan karena pasien tidak mampu lagi untuk bertoleransi terhadap gerakan yang tidak disengaja. Untuk mengurangi artefak tersebut maka parameter yang diatur adalah yang berhubungan langsung dengan waktu *scanning*. Akibatnya, seringkali hasil citra menjadi menurun kualitasnya seperti sinyal dan resolusi (Woodward, 1997).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 6 bulan, dimulai Januari 2016 sampai dengan juni 2016. Tempat pengambilan data dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Haji Surabaya dan di Laboratorium Biofisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya untuk studi pustakan dan pengolahan data. Uji Kaji Etik dilakukan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga (Sertifikat lolos Uji Kaji Etik terlampir pada lampiran 4)

3.2 Subyek Penelitian

Testi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasien yang akan menjalani MRI kepala tanpa memandang usia dan kelainan sebanyak 11 pasien setelah sebelumnya disarankan oleh dokter radiologi untuk menjalani pemeriksaan MRI dan pasien bersedia menjadi responden penelitian dengan menandatangani lembar inform consent (terlampir pada lampiran 6).

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah pesawat MRI, perangkat komputer, *Processor Film*, dan *Head Coil*. Dengan Spesifikasi sebagai berikut.

1. Pesawat MRI yang digunakan adalah merk Siemens Esensa dengan Magnet Superkonduktor berkekuatan 1,5 tesla, diproduksi oleh Jerman tahun 2012 (Gambar 3.1)



Gambar 3.1 Pesawat MRI Siemens Esensa 1,5 T pada Instalasi Radiologi
RSU Haji Surabaya

2. Perangkat komputer digunakan dalam proses pemeriksaan, pengolahan, pencetakan gambar maupun penentuan ROI gambar untuk mengevaluasi nilai SNR pada hasil gambar pasien (Gambar 3.2)



Gambar 3.2 Perangkat komputer pada Instalasi Radiologi RSU Haji
Surabaya

3. *Prosesor film* yang digunakan adalah sistem *DRYSTAR DT 2 B*, 8 X 10” dan 14 X 17” (Gambar 3.3).



Gambar 3.3 *Processor* Film tipe : DRYSTAR DT 2 B, 8 X 10” dan 14 X 17” pada Instalasi Radiologi RSU Haji Surabaya

4. *Head Coil* adalah koil yang digunakan di kepala untuk menangkap dan memancarkan pulsa RF (Gambar 2.3).

Bahan dalam penelitian ini adalah fil merk Agfa Healthcare NV DRYSTAR DT 2 B (Gambar 3.4).



Gambar 3.4 Film tipe : *Agfa Healthcare NV DRYSTAR DT 2 B* pada Instalasi Radiologi RSU Haji Surabaya

3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan perlakuan variasi nilai NEX 1, 2, 3, dan 4 untuk pemeriksaan MRI kepala dengan pembobotan T1 sekuen *spin echo* potongan aksial.

3.5 Variabel Penelitian

3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab atau mempengaruhi variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu variasi nilai NEX 1, 2, 3, dan 4.

3.5.2 Variabel Terikat

Variabel terikat atau merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat dari adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu nilai SNR dan waktu *scanning*.

3.5.3 Variabel Terkendali

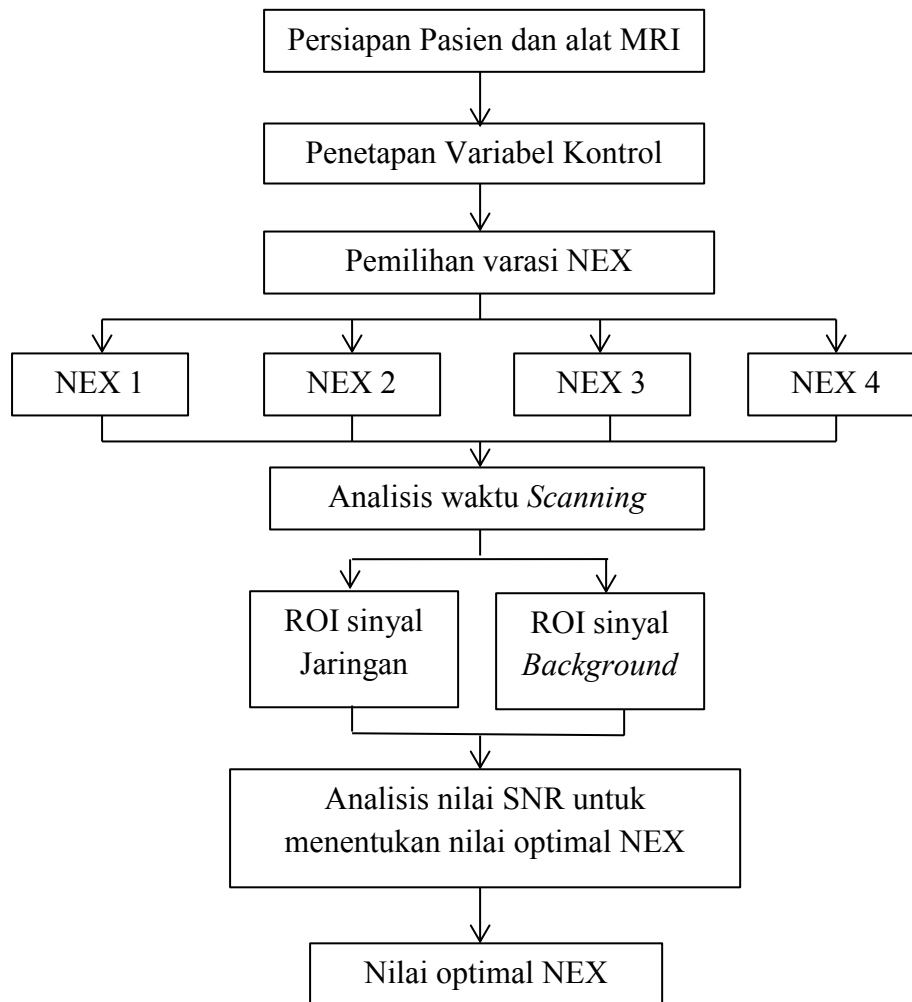
Variabel terkontrol merupakan parameter yang dikendalikan selama proses pengambilan data. Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu: parameter FOV sebesar 230mm, *Slice Thickness* sebesar 5mm, *Interslice Gap* sebesar 30%, Jumlah *Slice* adalah 19, *Slice Orient* adalah aksial, Matriks PI sebesar 320 x 320, TR sebesar 370 ms, TE sebesar 10 ms, Bandwidth sebesar 143 Hz/Px dan *Flip Angle* sebesar 90⁰.

3.5.4 Definisi Operasional

- a. TR: Interval waktu antara pengulangan dua pulsa 90^0
- b. TE: Waktu untuk *echo* (mencatat sinyal), dimana sinyal tercatat dalam rentang interval TR
- c. FOV : *Field of View* yaitu daerah yang sedang dicitrakan, dapat berbentuk simetris atau persegi panjang
- d. NEX : merupakan istilah lain dari NSA yang didefinisikan sebagai berapa kali *scan* diulang, dimana pemilihan NEX itu sendiri akan berpengaruh terhadap waktu *scanning*
- e. *Slice thickness* : Tebal irisan pada jaringan dari proses pemeriksaan MRI
- f. Jumlah *Slice* : Jumlah *slice* (irisan) dalam pemeriksaan MRI
- g. *Slice Orient* : Orientasi irisan penampang tubuh, apakah aksial, sagital, koronal atau oblig
- h. *Flip Angle* : menentukan jumlah amplitudo magnetisasi transversal
- i. *Receive bandwidth* : rentang frekuensi yang terjadi pada sampling data pada obyek yang di scan
- j. SNR : Perbandingan antara besarnya amplitude sinyal pada organ dengan amplitude derau (*noise*)
- k. CNR : perbedaan SNR antara organ yang paling berdekatan
- l. Waktu *scanning* : Lama proses dari pemeriksaan MRI.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan langkah-langkah penelitian ditujukan pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.5 Diagram alir penelitian

3.7 Tahap Persiapan

Pasien akan diberikan penjelasan oleh radiografer sebelum pemeriksaan dimulai bahwa dalam proses pemeriksaan akan terdengar suara bising yang ditimbulkan oleh mesin MRI namun suara bising tersebut tidak memberikan efek samping pada pasien. Selanjutnya peneliti menjelaskan pada Pasien mengenai ketersediaan pasien untuk menjadi responden, apabila pasien bersedia maka selanjutnya pasien wajib menandatangani lembar inform consent beserta mengisi Chek List Pemeriksaan MRI untuk mengetahui hal-hal yang akan mempengaruhi hasil pemeriksaan MRI.

Pasien diwajibkan untuk melepas semua benda yang mengandung logam dan magnet seperti perhiasan, kunci, koin, dompet, jepit rambut dll dan apabila diperlukan pasien juga diminta untuk mengganti pakaian dengan pakaian khusus yang disediakan sebelum masuk ke ruangan MRI.

Menyiapkan *head coil* saat pasien dibaringkan pada meja *gantry* MRI. Pasien diposisikan *head first supine* (terlentang dengan kepala terlebih dahulu masuk ke *gantry*). Pasien memakai headphone sebagai penutup telinga dan *head coil* untuk menangkap sinyal RF. Kemudian pasien dimasukkan ke gantry pesawat MRI untuk dilakukan pengambilan gambar.

3.8 Tahap Pencitraan

Gambar MRI yang akan diobservasi adalah gambar MRI kepala potongan axial dengan pembobotan T1 (*T₁ Weight Image/T₁WI*) -yang bergantung dengan nilai relaksasi T1- dengan pulsa sekuens *spin echo*. Sekuen *spin echo* dipilih

karena dengan menggunakan sekuen ini maka SNR akan meningkat. T₁WI dilakukan karena dengan menggunakan pembobotan ini maka TE yang digunakan rendah sehingga diharapkan intensitas sinyal akan lebih besar, walaupun kontras menjadi rendah. Pemilihan organ kepala dengan alasan objek ini minim pergerakan sehingga *motion artifact* mampu dihindari. Potongan axial dipilih karena diharapkan gambar yang dievaluasi lebih jelas.

Gambar MRI kepala terdiri atas 4 citra dengan variasi NEX 1, 2, 3, dan 4. Pada setiap citra MRI kepala dari potongan aksial dengan berbagai variasi NEX dicitrakan dengan ketebalan irisan masing-masing sebesar 5 mm dan jumlah irisan masing-masing 19 irisan, kemudian dipilih irisan yang paling mewakili anatomi citra MRI kepala, dalam penelitian ini terdapat 3 citra yang paling mewakili anatomi citra MRI kepala.

3.9 Pengambilan Data

Perhitungan waktu *scanning* bergantung pada 3 parameter yaitu Time Repetition (TR) dalam satuan detik (ms), Fase Encoding (*Phase Encoding*), dan *Number of Excitation* (NEX). Karena TR dalam mili detik maka perlu dilakukan konversi karena pada dasarnya Waktu *scanning* dalam satuan menit.

Perhitungan SNR dilakukan dengan pengumpulan data melalui pengambilan data secara langsung dengan mengukur ROI (*Regions of Interest*) pada setiap citra MRI dengan variasi nilai NEX 1, 2, 3, dan 4. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur ROI pada jaringan *white matter*, *gray matter* dan *cerebrospinal fluid* (CSF) untuk mencari sinyal rata-rata jaringan. Sedangkan

untuk menghitung *noise* dilakukan ROI pada sinyal diluar objek yaitu pada *background*. Pengukuran ROI dilakukan pengulangan untuk mendapatkan data yang valid (Hidayah, dkk, 2015).

3.10 Analilis Data

Setelah didapatkan nilai sinyal rata-rata jaringan kemudian dihitung nilai SNR menggunakan persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$SNR = \frac{S_{(sinyal)}}{N_{(Noise)}} \quad (2.8)$$

Selanjutnya data yang diperoleh disajikan dalam bentuk grafik perubahan variasi NEX terhadap nilai SNR dan variasi NEX terhadap waktu *scanning*. Pada penelitian ini sumbu x mewakili NEX yang merupakan variabel bebas dan sumbu y mewakili nilai SNR atau waktu *Scanning* yang merupakan variabel terikat. Selanjutnya dapat ditentukan nilai optimal NEX untuk mendapatkan SNR baik dengan waktu *scanning* yang tidak terlalu lama.

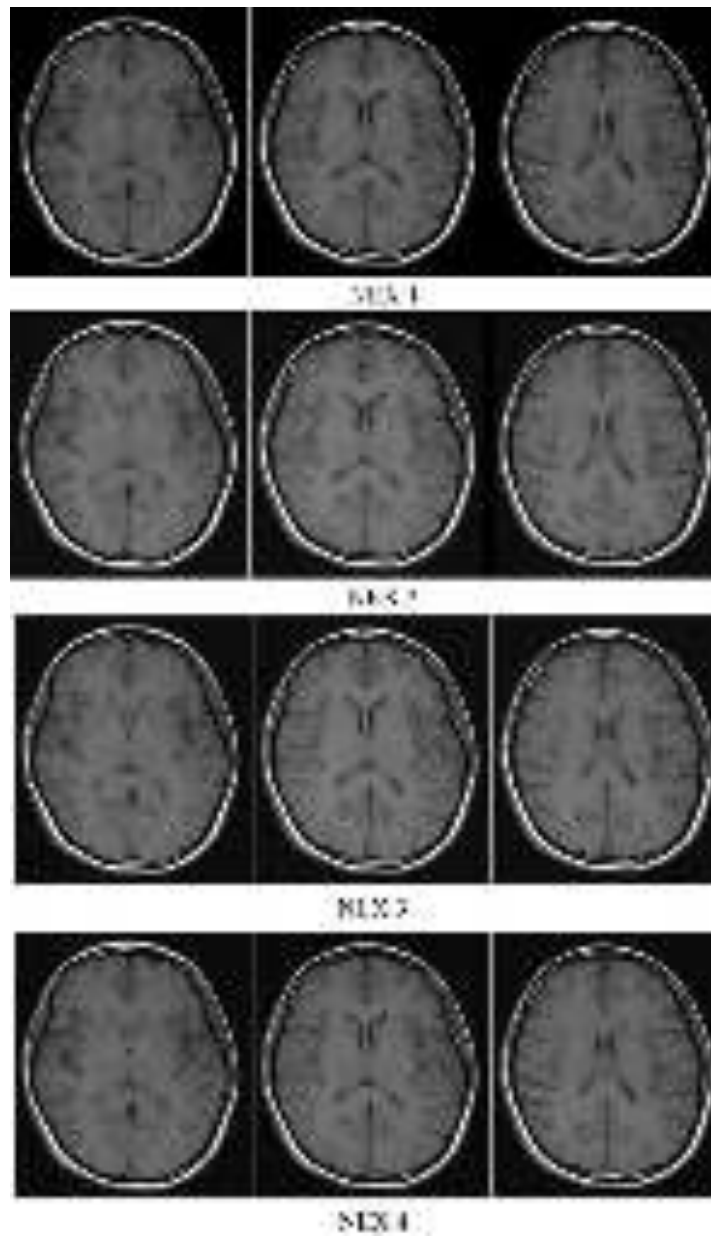
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh variasi *number of excitation* (NEX) terhadap *signal to-noise ratio* (SNR) dan waktu *scanning* citra hasil pemeriksaan MRI kepala potongan aksial dengan pembobotan T1 *spin echo* (T1 SE), dengan demikian dapat menentukan berapa nilai NEX optimal dengan SNR baik dan waktu *scanning* tidak terlalu lama.

Penelitian ini menggunakan responden sebelas pasien dengan kisaran usia antara 21-64 tahun, terdiri dari tiga laki-laki dan delapan perempuan yang menjalani pemeriksaan MRI kepala di Rumah Sakit Umum Haji Surabaya dengan berbagai kasus. Kesebelas responden tersebut diperiksa dengan 4 variasi NEX yaitu 1, 2, 3 dan 4 dengan variabel terkontrol yaitu orientasi *slice* aksial dengan ketebalan sebesar 5 mm sehingga jumlah *slice* menjadi 19 irisan, luas FOV 230 mm, matriks PI 320, TR 370 ms, TE 10 ms, bandwidth 143 Hz/Px dan *flip angle* sebesar 90⁰.

Dalam penelitian ini setiap variasi nilai NEX menghasilkan 19 citra, dari 19 citra tersebut diambil tiga citra yang paling informatif dalam menunjukkan anatomi kepala potongan aksial (Rochmayanti, 2013). Total keseluruhan citra yang dapat dianalisis dari setiap pasien adalah 12 citra. Dapat dilihat pada Gambar 4.1. Untuk hasil citra dari 10 pasien lain terlampir dalam lampiran 6 beserta lembar *inform consent* dan *check list* pemeriksaan MRI.

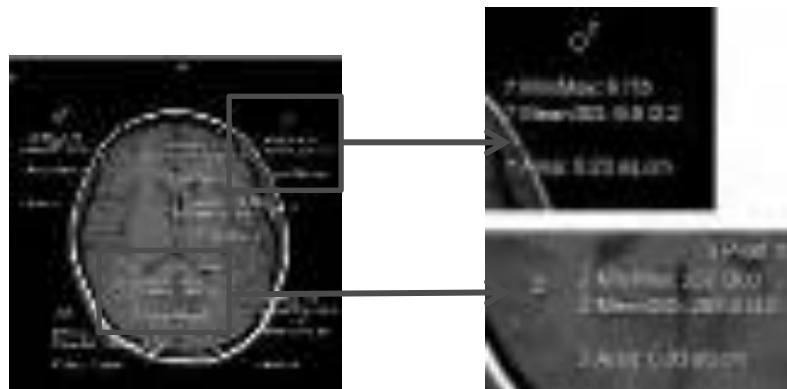


Gambar 4.1 Hasil Citra MRI kepala NEX 1-4 Pasien 1

Selanjutnya dilakukan perhitungan *Region of Interest* (ROI) dengan aplikasi yang terdapat dalam perangkat komputer alat MRI. Tujuan perhitungan ROI adalah untuk menghitung besar sinyal setiap jaringan yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan *signal to noise ratio* (SNR). Perhitungan ROI difokuskan pada jaringan tertentu, yaitu *white matters* (WM), *grey matters* (GM),

cerebrospinal fluid (CSF), serta pada latar belakang citra (*background*) untuk sinyal *noise*.

Syarat melakukan ROI adalah dengan mengambil suatu daerah dengan luas penampang sekecil mungkin dan standard deviasi sekecil mungkin. Hal ini dikarenakan daerah yang diukur sinyalnya harus sehomogen mungkin yang ditandai dengan nilai standard deviasi yang kecil (Fatimah, 2015). Untuk mendapatkan nilai standard deviasi kecil maka luas daerah yang dilingkari juga harus kecil. Dalam penelitian ini menggunakan luas daerah sama yaitu $0,03 \text{ cm}^2$ untuk pengambilan ROI pada jaringan *white matters*, *grey matters* dan CSF. Salah satu contoh yang terdapat pada Gambar 4.2 menunjukkan nilai sinyal yang terukur adalah 298.4 dengan standard deviasi sebesar 4,0. Nilai standard deviasi tersebut termasuk kecil karena hanya 1,34% dari luas area tersebut yang tidak homogen.



Gambar 4.2 Hasil pengukuran ROI pada citra pertama pemeriksaan MRI kepala Pasien 1 variasi NEX 1.

Hasil pengukuran ROI seluruh citra pasien 1 dapat dilihat dalam Tabel 4.1 berikut. Sedangkan hasil ROI pasien yang lain terlampir dalam lampiran 6.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 1

Citra Ke-	Nilai NEX	Hasil ROI							
		<i>White matters</i>	<i>Grey Matter</i>	CSF	Background				Rata-Rata
					1	2	3	4	
1	1	322	279.6	179.2	2	2.4	2.2	2.3	2.23
1	2	319.6	282.6	172.2	1.2	2.4	1.5	1.9	1.75
1	3	317.8	280	187	1.1	1.6	1.4	1.6	1.43
1	4	321.2	278.6	195.8	1.1	1.7	0.7	1.6	1.28
2	1	339	298.4	125.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.15
2	2	329.2	300.6	120.2	1.5	1.4	1.4	1.4	1.43
2	3	330	307.8	126	0.9	1.4	0.9	1,3	1.07
2	4	332	291.2	122	0.9	0.8	1.1	0.9	0.93
3	1	326.2	289	131.2	2	2.1	2.1	2.2	2.1
3	2	323.2	287.8	133.4	1.5	1.8	1.7	1.5	1.63
3	3	321.4	292.6	130.4	1	1.3	1.7	1.4	1.35
3	4	323	293	127	0.8	1.1	1.2	0.9	1

4.1 Hasil Analisis Citra secara Kuantitatif

4.1.1 *Signal to Noise Ratio* (SNR)

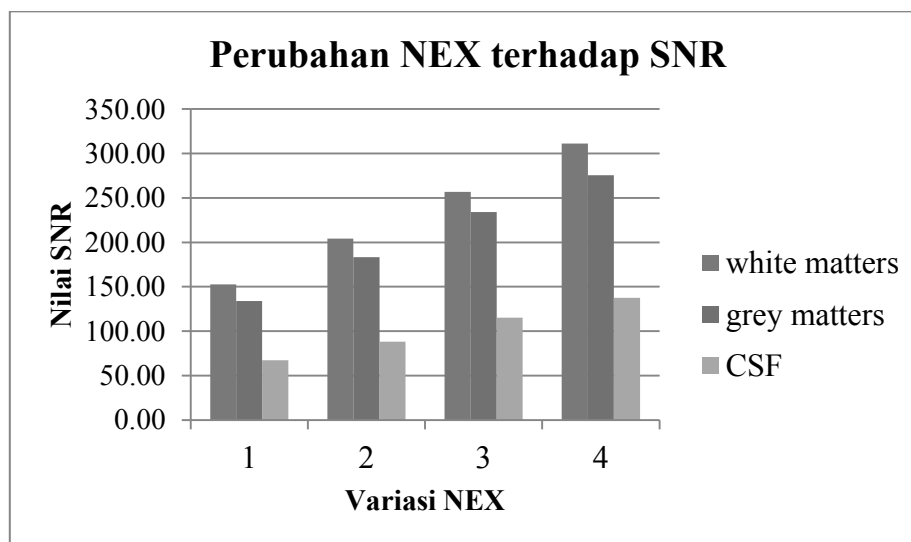
Perhitungan SNR dapat dilakukan dengan membandingkan sinyal hasil pengukuran ROI pada jaringan terukur dengan rata-rata standard deviasi sinyal pada *background* (Fatimah, 2015). Perhitungan SNR dilakukan pada ke-12 citra untuk setiap pasien (Tabel 4.2), kemudian dilakukan rata-rata dari tiga citra dalam satu variasi NEX (Tabel 4.3) sehingga menghasilkan grafik hubungan perubahan variasi NEX terhadap nilai SNR pada Gambar 4.3. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa SNR yang dihasilkan dari jaringan *white matters*, *grey matters* dan CSF memiliki *trend* semakin menanjak pada setiap kenaikan NEX. Nilai SNR tertinggi adalah pada NEX 4.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan SNR seluruh jaringan Pasien 1

Citra ke-	NEX	Hasil SNR		
		White Matter	Grey Matter	CSF
1	1	144.72	125.66	80.54
1	2	182.63	161.49	98.4
1	3	223.02	196.49	131.23
1	4	251.92	218.51	153.57
2	1	157.67	138.79	58.23
2	2	231.02	210.95	84.35
2	3	309.38	288.56	118.13
2	4	358.92	314.81	131.89
3	1	155.33	137.62	62.48
3	2	198.89	177.11	82.09
3	3	238.07	216.74	96.59
3	4	323	293	127

Tabel 4.3 Rata-rata Hasil SNR seluruh Jaringan Pasien 1

NEX	SNR		
	WM	GM	CSF
1	152.58	134.02	67.08
2	204.18	183.18	88.28
3	256.82	233.93	115.32
4	311.28	275.44	137.49



Gambar 4.3 Grafik Perubahan NEX terhadap nilai SNR Pasien 1

Setelah dilakukan perhitungan rata-rata nilai SNR untuk masing-masing jaringan pada setiap perubahan NEX, didapatkan prosentase peningkatan nilai SNR, ditampilkan pada Tabel 4.4. Untuk Presentase peningkatan SNR terhadap perubahan nilai NEX Pasien yang lain dilampirkan dalam lampiran 6.

Tabel 4.4 Prosentase Peningkatan SNR terhadap Perubahan NEX Pasien 1

NEX	Presentase kenaikan SNR			Presentase Rata-rata
	White matters	Grey matters	CSF	
1	-	-	-	-
2	34%	37%	32%	34%
3	68%	75%	72%	72%
4	104%	106%	105%	105%

Dari Tabel 4.1 dapat dijelaskan bahwa SNR akan mengalami kenaikan rata-rata sebesar 32 % jika NEX didobelkan dari 1 menjadi 2. Sedangkan untuk mendapatkan kenaikan SNR sebanyak 100% maka NEX yang harus

digunakan adalah 4. Dalam penelitian ini didapatkan kenaikan rata-rata SNR sebesar 105% untuk NEX 4.

Nilai SNR yang diperoleh selanjutnya diuji normalitas dengan uji “Kolmogorov-Smirnov” untuk mengetahui bagaimana distribusi data nilai SNR pada tiap jaringan. Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk jaringan *white matters* adalah 0.983, untuk jaringan *grey matters* adalah 0.849 dan untuk jaringan *cerebrospinal fluid* (CSF) adalah 0.976. Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk semua jaringan adalah lebih besar dari 0.05, maka nilai SNR seluruh jaringan terdistribusi normal.

Setelah terbukti bahwa data terdistribusi normal maka selanjutnya dilakukan Uji Homogenitas yang terdapat dalam uji ANOVA pada data tersebut. Nilai signifikansi SNR hasil dari uji homogenitas untuk jaringan *white matters* adalah 0.101, untuk jaringan *grey matters* adalah 0.079 dan untuk jaringan *cerebrospinal fluid* (CSF) adalah 0.656. Semua jaringan menunjukkan nilai signifikansi lebih besar dari 0.05, maka data SNR seluruh jaringan memiliki varian homogen.

Selanjutnya dilakukan uji ANOVA untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan bermakna diantara setiap variasi NEX. Hasil uji ANOVA untuk jaringan *white matters* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0.005, nilai signifikansi untuk jaringan *grey matters* adalah 0.008 dan nilai signifikansi untuk jaringan *cerebrospinal fluid* (CSF) adalah 0.001 seperti yang terdapat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Hasil Uji ANOVA Nilai SNR Pasien 1

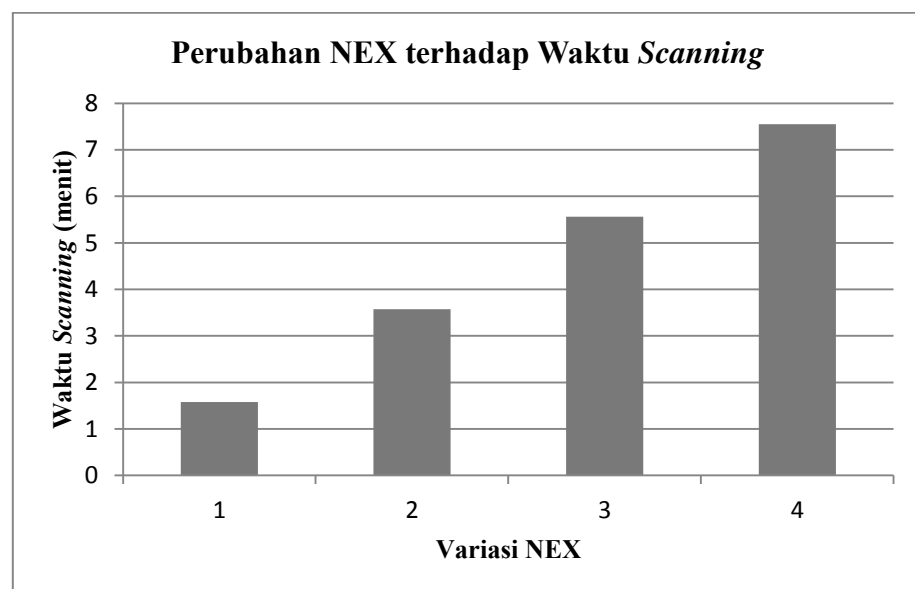
Jaringan	NEX	N	Nilai SNR		Hasil		Keterangan
			Rerata	Std. Deviation	sig	kesimpulan	
White matters	1	3	152.5733	6.90109	0.005	Ada beda bermakna	Pos Hoc Tests
	2	3	204.1800	24.62491			
	3	3	256.8233	46.13326			
	4	3	311.2800	54.45428			
	Total	12	231.2142	69.70059			
grey matters	1	3	134.0233	7.26645	0.008	Ada beda bermakna	Pos Hoc Tests
	2	3	183.1833	25.28314			
	3	3	233.9300	48.38226			
	4	3	275.4400	50.49443			
	Total	12	206.6442	64.00985			
CSF	1	3	67.0833	11.84597	0.001	Ada beda bermakna	Pos Hoc Tests
	2	3	88.2800	8.83672			
	3	3	115.3167	17.49053			
	4	3	137.4867	14.14154			
	Total	12	102.0417	30.12211			

Nilai signifikansi dari hasil uji ANOVA untuk semua jaringan adalah kurang dari 0.05, maka diantara setiap variasi NEX minimum ada satu pasang variasi atau lebih yang menunjukkan perbedaan bermakna. Untuk mengetahui pasangan variasi NEX yang menunjukkan perbedaan bermakna dilakukan uji Post Hoc. Untuk jaringan *white matters* pasangan variasi NEX yang berbeda bermakna adalah NEX 1 dengan 3, NEX 1 dengan 4 dan NEX 2 dengan 4. Untuk jaringan *grey matters* pasangan variasi NEX yang berbeda bermakna adalah NEX 1 dengan 3 dan NEX 1 dengan 4. Untuk jaringan *cerebrospinal fluid* pasangan variasi NEX yang berbeda bermakna adalah NEX 1 dengan 3, NEX 1 dengan 4 dan NEX 2 dengan 4. Sedangkan pasangan yang lain menunjukkan perbedaan tetapi tidak bermakna atau tidak signifikan.

4.1.2 Waktu Scanning

Waktu *scanning* dapat dihitung dengan mengalikan *Time Repetition (TR)* dengan *Phase Encoding* (Matriks PI) dan NEX (Westbrook, 2011). Dari hasil penelitian untuk pengambilan citra MRI kepala potongan aksial dengan pembobotan T1 dan sekuen *spin echo* yang menunjukkan bahwa waktu *scanning* meningkat seiring peningkatan variasi NEX seperti yang terdapat pada Gambar 4.4.

Waktu *scanning* yang diperoleh selanjutnya diuji normalitas dengan uji “Kolmogorov-Smirnov” untuk mengetahui bagaimana distribusi data waktu *scanning*. Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas adalah 1,000 atau lebih besar dari 0.05, maka waktu *scanning* terdistribusi normal.



Gambar 4.4 Grafik Perubahan NEX terhadap waktu *Scanning*

4.2 Hasil Analisis Pengaruh Variasi NEX terhadap SNR

Sinyal merupakan tegangan yang tercatat ketika terjadi induksi dari medan magnet terhadap koil penerima. Induksi ini terjadi pada keadaan *in phase* pada bidang transversal ketika proses magnetisasi transversal. Kuat dan lemahnya magnetisasi pada bidang transversal ini akan berpengaruh pada kekuatan sinyal MRI dan berpengaruh pada intensitas gelap dan terang pada citra MRI. Bila signal MRI kuat maka akan memberikan citraan citra yang terang atau *hiperintens*, sedangkan apabila signal MRI lemah akan memberikan citra MRI gelap atau *hipointens*.

Pada penelitian ini jaringan yang menjadi fokus utama adalah *white matters* karena pencitaan MRI kepala dengan pembobotan T1 dan sekuen *spin echo* paling sensitif dengan terhadap jaringan tersebut sehingga menghasilkan nilai SNR tertinggi.

Sebagian besar bahan penyusun *white matters* adalah lemak. Menurut Woodward, 2001 jaringan yang terdiri dari lemak akan berwarna cerah jika dicitrakan menggunakan pembobotan T1.

Pada pembobotan T1 diberikan TR yang cukup pendek (dalam penelitian ini menggunakan TR 370 ms) sehingga baik jaringan lemak maupun air tidak cukup waktu untuk dapat kembali *recovery* pada nilai magnetisasi awal (B_0), sehingga kontras lemak dan air dapat tervisualisasi dengan baik. Waktu relaksasi T1 lemak lebih pendek (250 ms) dari pada waktu relaksasi T1 air (3000 ms) (Forshult, 2007), maka *recovery* lemak akan lebih cepat dari pada air sehingga komponen magnetisasi lemak pada bidang longitudinal lebih besar dari pada

magnetisasi longitudinal pada air. Dengan demikian lemak memiliki intensitas sinyal yang lebih tinggi dan tampak terang pada kontras citra T1. Sebaliknya air akan tampak dengan intensitas sinyal yang rendah dan tampak gelap pada kontras citra T1. Alasan lain yaitu dikarenakan satu atom (^1H) dapat terikat sangat kuat seperti di jaringan lemak. Sementara yang lain tidak terikat kuat seperti dalam air. Proton yang terikat kuat akan melepaskan energi jauh lebih cepat ke lingkungan daripada proton yang terikat longgar (Blink, 2004) sehingga lemak memiliki intensitas sinyal yang lebih tinggi dan tampak terang disbanding dengan air.

Dalam sekelompok data yang terakuisisi tersebut memuat sinyal dan noise. Perbandingan sinyal dan noise tersebut disebut SNR. Dalam banyak kasus satu kali akuisisi data menghasilkan sinyal yang relatif rendah karena tingginya noise, sehingga SNR rendah. Oleh karena itu memerlukan pengulangan akuisisi sekali atau beberapa kali lagi. Banyaknya pengulangan akuisisi disebut sebagai *number of excitation* (NEX).

Dari hasil data penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan secara linier terhadap SNR dengan perubahan kenaikan NEX dari 1 sampai 4. Sebagai contoh SNR jaringan white matters pada penggunaan NEX 1 adalah 152,58. Saat penggunaan NEX 2 maka nilai SNR akan meningkat menjadi 204,18. Dari nilai SNR tersebut didapatkan hasil peningkatan SNR dari NEX 1 menjadi 2 sebanyak 34 %. Untuk kenaikan NEX 2 menjadi 3 maka SNR akan meningkat sebanyak 34% dan kenaikan NEX 3 menjadi 4 SNR meningkat sebanyak 36%. Demikian juga dengan kenaikan pada jaringan *grey matters* dan *cerebrospinal fluid* yang tidak menunjukkan perbedaan jauh. Jadi rata-rata dari ketiga jaringan

menunjukkan kenaikan SNR sebesar 34% untuk peningkatan NEX 1 menjadi 2, 72% untuk penggunaan NEX 3 dan 105% untuk penggunaan NEX 4. Jadi dengan menggunakan NEX 4 maka SNR akan meningkat dua kali lipat (100%).

Hasil analisis dengan uji ANOVA dan Post Hoc menunjukkan bahwa dari ketiga jaringan menunjukkan ada perbedaan bermakna antar setiap pasangan variasi. Untuk jaringan *white matters* pasangan variasi NEX yang berbeda bermakna adalah NEX 1 dengan 3, NEX 1 dengan 4 dan NEX 2 dengan 4. Untuk jaringan *grey matters* pasangan variasi NEX yang berbeda bermakna adalah NEX 1 dengan 3 dan NEX 1 dengan 4. Untuk jaringan *cerebrospinal fluid* pasangan variasi NEX yang berbeda bermakna adalah NEX 1 dengan 3, NEX 1 dengan 4 dan NEX 2 dengan 4. Sedangkan pasangan yang lain menunjukkan perbedaan tetapi tidak bermakna.

Hasil analisis menggunakan uji korelasi *Pearson* pada interval kepercayaan 95% menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan (nilai $p < 0,05$) antara NEX dengan SNR *white matters*, SNR *grey matters* dan SNR CSF. Korelasi bernilai positif, berarti kenaikan NEX menaikkan SNR *white matters*, SNR *grey matters* dan SNR CSF. Hal ini sesuai dengan Westbrook (2011), yang menyatakan bahwa dalam setiap pengulangan akuisisi data, noise itu random, dapat muncul dari lokasi yang berbeda-beda, sedangkan sinyal tidak demikian. Sinyal akan muncul dari lokasi yang sama seperti pertama kali data diakuisisi. Setelah pengulangan akuisisi maka ekstra sinyal yang diperoleh kemudian dirata-rata sehingga SNR meningkat maka citra akan lebih baik. Kemunculan noise yang

random pada setiap pengulangan akuisisi data menyebabkan kenaikan SNR yang tidak besar, hanya $\sqrt{2}$ (=1,4) setiap kali pendobelan NEX.

4.3 Hasil Analisis Pengaruh Variasi NEX terhadap Waktu *Scanning*

Waktu *scanning* adalah waktu untuk melengkapi akuisisi data. Sehingga jelas bahwa waktu *scanning* akan meningkat jika akuisisi data diulang. Jika akuisisi data diulang dua kali maka waktu *scanning* juga akan meningkat dua kali lipat dan seterusnya. Waktu *scanning* ini sangat penting untuk mengontrol kualitas suatu citra MRI, semakin lama waktu *scanning* maka kesempatan pasien untuk bergerak semakin besar. Sedikit saja gerakan dari pasien dapat menurunkan kualitas citra.

Pada penelitian ini waktu *scanning* meningkat secara linier seiring peningkatan nilai NEX. Yaitu pada penggunaan NEX 1 memerlukan waktu selama 1.58 menit, NEX 2 memerlukan waktu selama 3.57 menit, NEX 3 memerlukan waktu selama 5.56 menit dan 7.55 menit jika menggunakan NEX 4.

Hasil analisis menggunakan uji korelasi *Pearson* pada interval kepercayaan 95% menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan (nilai $p < 0,05$) antara NEX dengan waktu *scanning*. Korelasi bernilai positif, berarti kenaikan NEX menaikkan waktu *scanning*.

4.4 Analisis Nilai Optimal NEX

Sangat penting untuk menetapkan waktu *scanning* secepat mungkin, karena tidak ada untungnya memiliki citra dengan SNR sangat bagus tetapi

memerlukan waktu *scanning* yang lama dengan pasien yang bergerak selama akuisisi data. Citra dikatakan optimal adalah jika kualitas SNR baik dan waktu *scanning* tidak terlalu lama. Untuk memenuhi hal tersebut maka dilakukan analisis gabungan antara SNR dan waktu *scanning*, dimana tidak hanya mengutamakan nilai SNR yang tertinggi tetapi juga mempertimbangkan lama waktu *scanning*.

Tabel 4.6 Kenaikan SNR Setiap Pasien terhadap NEX dalam Persen dan Waktu *Scanning*

Kenaikan NEX	% Kenaikan SNR setiap pasien											Waktu <i>scanning</i> (menit)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1 ke 2	34	48	-8	29	17	15	23	22	21	27	23	3.59
2 ke 3	38	23	33	26	29	39	22	25	34	22	46	5.57
3 ke 4	33	33	6	53	23	6	21	22	13	15	15	7.56

Dari citra hasil pemeriksaan MRI kepala potongan aksial dengan pembobotan T1 *spin echo* pada sebelas pasien menunjukkan kesamaan bahwa setiap penambahan variasi NEX maka SNR dan waktu *scanning* juga akan meningkat. Kenaikan SNR (dalam %) kesebelas pasien dan waktu *scanning* dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Dari Tabel 4.6 terlihat bahwa pada kenaikan variasi NEX 1 menuju 2 terdapat satu pasien yang menunjukkan penurunan SNR dan delapan pasien hanya menunjukkan kenaikan dengan rentang 15-30%, sedangkan menurut teori (Woodward 2001) seharusnya menunjukkan kenaikan SNR sebesar 40%, maka hanya ada dua pasien yang paling mendekati teori. Kenaikan variasi NEX 1 menuju 2 memerlukan waktu *scanning* singkat yaitu 3.59 menit. Dengan demikian

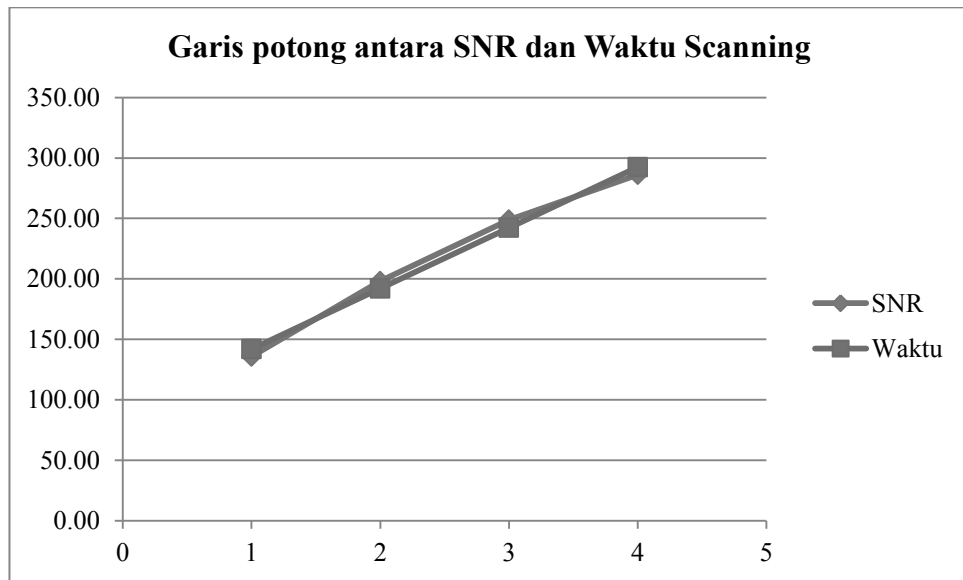
dapat disimpulkan bahwa variasi NEX 2 belum bisa digunakan sebagai acuan pemeriksaan karena kenaikan SNR tidak signifikan walaupun waktu *scanning* tergolong singkat. Akan tetapi, alternatif ini dapat diambil untuk pasien yang tidak kooperatif atau yang membutuhkan waktu *scanning* cepat, walaupun kenaikan SNR tidak terlalu tinggi. Kenaikan SNR yang tidak signifikan ini dapat disebabkan karena banyaknya noise.

Pada kenaikan variasi NEX 2 menuju 3 terdapat enam pasien yang menunjukkan kenaikan mendekati 30% atau lebih, sedangkan lima pasien yang lain berkisar antara 22-26%. Dalam teori (Woodward 2001) seharusnya menunjukkan kenaikan SNR sebesar 32%. Waktu yang dibutuhkan pada kenaikan variasi NEX 2 menuju 3 ini adalah 5.57, lama waktu termasuk berada pada batas normal (tidak terlalu lama dan tidak terlalu singkat) dapat dibuktikan dengan separuh lebih pasien menunjukkan kenaikan SNR yang mendekati teori atau bahkan lebih dan sisanya juga tidak jauh berbeda dengan teori. Hal ini juga berarti bahwa noise pada citra tidak terlalu besar dan pasien tidak bergerak selama akuisisi data. Alternatif ini dapat diambil untuk pasien normal karena separuh lebih pasien menunjukkan peningkatan nilai SNR mendekati teori.

Pada kenaikan variasi NEX 3 menuju 4 terdapat enam pasien yang menunjukkan kenaikan SNR >20%, sedangkan dua pasien hanya menunjukkan kenaikan sebesar 6% dan tiga lainnya menunjukkan kenaikan sebesar 13-15% padahal pada kenaikan variasi NEX 2 menuju 3 kelima pasien tersebut menunjukkan kenaikan SNR mendekati teori. Dalam teori (Woodward 2001) seharusnya menunjukkan kenaikan SNR sebesar 27%. Waktu yang dibutuhkan

pada kenaikan variasi NEX 3 menuju 4 ini adalah 7.56, lama waktu termasuk terlalu lama dibuktikan dengan adanya lima pasien yang tidak menunjukkan kenaikan SNR yang signifikan, walaupun beberapa yang lain menunjukkan kenaikan yang signifikan. Kenaikan SNR yang signifikan tersebut dikarenakan noise yang terdapat dalam hasil citra berkurang. Akan tetapi perlu diperhatikan juga kenaikan SNR yang tidak signifikan pada lima pasien, hal ini kemungkinan besar terjadi karena pasien melakukan pergerakan selama akuisisi data. Enam pasien membuktikan bahwa nilai noise menurun seiring dengan peningkatan SNR yang signifikan tetapi tidak semua pasien dapat menahan pergerakan yang tidak mereka sadari sehingga menyebabkan nilai SNR tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan. Oleh karena itu, variasi NEX 4 tidak disarankan untuk menjadi alternatif dalam pemeriksaan MRI kepala potongan aksial dengan pembobotan T1 *spin echo*.

Analisis lain yang dapat digunakan adalah dari korelasi perpotongan grafik antara linearitas SNR dan penurunan waktu *scanning* terhadap NEX (Rochmayanti, 2013). Grafik perpotongan antara linearitas SNR dan penurunan waktu *scanning* terhadap NEX dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Citra 4.5 Grafik perpotongan antara linearitas SNR dan penurunan Waktu *Scanning* terhadap variasi NEX

Dari Gambar 4.5 terlihat bahwa nilai NEX yang memungkinkan dipilih untuk mendapatkan SNR yang baik dengan waktu scanning tidak terlalu panjang adalah 2 dan 3. Dari dua nilai yang diperoleh tersebut perlu dipertimbangkan berbagai alasan yang telah diutarakan sebelumnya.

Dari dua metode analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai optimal NEX untuk mendapatkan SNR baik dengan waktu *scanning* yang tidak terlalu lama adalah 3. Diharapkan dengan menggunakan NEX 3 akan memberikan SNR yang baik dengan waktu *scanning* yang tidak terlalu lama. Dengan demikian, faktor lain pencetus adanya *noise* artefak dapat dieliminasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi *number of excitation* (NEX) berpengaruh signifikan terhadap nilai SNR dan waktu *scanning* hasil citra T1 *spin echo* potongan aksial pemeriksaan MRI kepala. Pengaruh NEX terhadap nilai SNR dan waktu *scanning* jaringan adalah sebanding, dimana semakin meningkat nilai NEX maka nilai SNR dan waktu *scanning* juga semakin meningkat.
2. Kualitas citra optimal ditentukan dengan nilai SNR dan waktu *scanning* yang optimal pula. Pada citra T1 *spin echo* potongan aksial pemeriksaan MRI kepala, kualitas citra optimal diperoleh pada nilai variasi NEX 3.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini, saran untuk penelitian lebih lanjut, yaitu :

1. Berdasarkan penelitian ini, merekomendasikan penggunaan NEX 3 pada pemeriksaan T1 *spin echo* potongan aksial pemeriksaan MRI kepala. Dengan mempertimbangkan hasil nilai SNR jaringan dan waktu *scanning* untuk menghasilkan citra terbaik.
2. Responden yang digunakan bisa lebih spesifik lagi, baik dengan pengelompokkan jenis kelamin, usia dan kelainannya.

DAFTAR PUSTAKA

- A Pawiro, Supriyanto. 2004. *Sebuah Pengantar Memahami Magnetic Resonance Imaging*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Bjørnerud, Atle. 2008. *The Physics of Magnetic Resonance Imagin*. Oslo: Department of Physics University of Oslo.
- Blink, Evert J. 2004. *An Easy Introduction to Basic MRI: Physic, For anyone who does not have a degree in physics*. Application Specialist MRI.
- Brown M.A. dan Semelka R. C. 2003. *MRI: Basic Principle and Applications, Third Edition*. New York: John Willey and Son Inc.
- Fatimah dkk. 2015. *Optimisasi Field Of View (FOV) Terhadap Kualitas Citra Pada T2WI FSE Mri Lumbal Sagital*. Semarang: Berkala Fisika Jlmed, Vol. 1, NO. 1, Undip
- Forshult, Stig E. 2007. *Magnetic Resonance Imaging, MRI – An Overview*. Karlstad: Karlstad University Studies.
- Hidayah, Syamsul dkk. 2015. *Pengaruh Perubahan TR Terhadap Nilai CNR dan Efisiensi Kontraspada Citra MRI Head Sequence T1 Wight Image*. Semarang: Youngster Physics Journal. Vol. 4, No. 1, Hal 93-98. Undip.
- Hornak J.P. 1997-2015. *The Basic of MRI. Center for Imaging Science*. Rochester: Rochester Institute of Technology.
- Kuperman, Vadim. 2000. *Magnetic Resonance Imaging, Physical Principles and Applications*. USA: Academic Press.
- Korosec, Frank R. 2006. *MRI Imaging Options*. Madison: Departments of Radiology and Medical Physics University of Wisconsin- Madison.
- McRobby D.W., dkk. 2006. *MRI Picture To Proton*. New York: Cambridge University Press.
- Notosiswoyo, Mulyono dan Susy Suswati. 2004. *Pemanfaatan Magnetic Resonance Imaging (MRI) sebagai Sarana Diagnosa Pasien*. Media Litbang Kesehatan Volume XIV Nomor 3.

- Prastowo, Alan Tanjung Aji dkk. 2013. *Korelasi Nilai Time Repetition (TR) dan Time Echo (TE) Terhadap Signal to Noise Ratio (SNR) Pada Citra MRI*. Semarang: Berkala Fisika Vol. 16, N0. 4, Undip.
- Rochmayanti dkk. 2013. *Analisis Perubahan Parameter Number of Signal Averaged (NSA) Terhadap Peningkatan SNR dan Waktu Pencitraan pada MRI*. Yogyakarta: JNTETI, Vol. 2 No. 4. UGM.
- Weishaupt, Dominik, D. Kochli Victor, Marincek Borut. 2006. *How Does MRI Work? An Introduction the Physic and Funtion of Magneting Resonance Imaging*. Heildelberg: Business Media.
- Westbrook, Catherine and Kaunt, Caroline. 2011. *MRI in Practice Fourth Edition*. United Kingdom: Blackwell Science Ltd.
- Woodward, Peggy ang William, W. Arrison. 1997. *MRI Optimization, a Hand on Approach*. USA: McGraw-Hill, Co.

LAMPIRAN 1

PENJELASAN SINGKAT PENELITIAN

A. Judul :

Optimalisasi *Number Of Excitation* (NEX) terhadap *Signal To-Noise Ratio* (SNR) dan Kecepatan Waktu *Scanning* Pada Pemeriksaan MRI

B. Penjelasan Penelitian

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan pencitraan non-invasif atau pencitraan bagian-bagian dalam tubuh manusia tanpa intervensi kedalam tubuh yang bermanfaat bagi dokter untuk mendiagnostik penyakit secara tepat. Teknik pencitraan pada MRI memanfaatkan medan magnet dan radio frekuensi untuk menghasilkan gambar. Oleh karena itu pencitraan menggunakan MRI termasuk lebih aman karena tidak menyebabkan radiasi ionisasi yang berbahaya.

Tiga parameter terpenting untuk menentukan kualitas gambar MRI, yaitu: *Contrast to Noise Ratio* (CNR), resolusi spasial dan *Signal to Noise Ratio* (SNR). SNR adalah perbandingan besarnya amplitudo signal dan besarnya amplitudo noise gambar MRI. SNR menjadi parameter penting karena dengan SNR yang baik maka akan memudahkan pengamat dalam membedakan struktur yang berbeda pada suatu gambar. SNR dapat ditingkatkan dengan meningkatkan *signal averaging* (sinyal rata-rata). Peningkatan SNR dari sinyal rata-rata sebanding dengan akar kuadrat dari *Number of Excitation* (NEX).

NEX adalah nilai yang menunjukkan jumlah pengulangan pencatatan data selama akuisisi dengan amplitudo dan fase encoding yang sama. NEX yang semakin tinggi akan meningkatkan SNR karena proses pengulangan data tanpa mengubah fase encoding akan meningkatkan amplitudo sinyal secara linear. Akan tetapi peningkatan NEX menyebabkan waktu *scanning* menjadi panjang.

Waktu *scanning* memegang peranan penting untuk meningkatkan probabilitas terjadinya *motion artifact* yaitu artefak (penampakan/gambaran yang tidak diinginkan karena menurunkan kualitas gambar) yang disebabkan oleh gerakan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai optimal NEX untuk menghasikan SNR baik dan waktu *scanning* yang tidak terlalu lama pada pemeriksaan MRI, dibatasi untuk pemeriksaan MRI kepala.

Manfaat bagi Responden

1. Hasil rekam medis pasien bisa lebih optimal.
2. Pasien menjadi volunteer yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang radiodiagnostik untuk mendapatkan hasil citra yang baik sehingga mudah bagi dokter untuk mendiagnosa suatu kelainan/penyakit.

C. Perlakuan yang Diterapkan Pada Responden

1. Pemilihan pasien studi pemeriksaan MRI kepala

Dikhususkan pada pasien yang akan menjalani pemeriksaan MRI setelah mendapatkan rujukan dari dokter spesialis untuk pemeriksaan MRI kepala dengan tidak memandang kalainan pasien.

2. Prosedur/langkah-langkah pasien mengikuti pemeriksaan MRI:

- Pasien mengisi Chek List Pemeriksaan MRI untuk mengetahui hal-hal yang akan mempengaruhi hasil pemeriksaan MRI.
- Pasien menggunakan pakaian yang telah disediakan sebagai penunjang pemeriksaan MRI.
- Pasien meninggalkan benda-benda logam dan alat elektronik yang bisa mempengaruhi hasil pemeriksaan MRI, seperti: jam tangan, kunci, atau barang metal, kartu kredit, alat pacu jantung, alat bantu dengar dan barang-barang yang mengandung logam.
- Pasien harus mengikuti segala instruksi dari radiografer dalam proses pengambilan citra MRI.
- Pasien mendapatkan info untuk jadwal pengambilan hasil pemeriksaan MRI.

3. Penjelasan efek samping dan manfaat pemeriksaan MRI pada subyek/pasien

- Pasien akan diberikan penjelasan oleh radiografer sebelum pemeriksaan dimulai bahwa dalam proses pemeriksaan akan terdengar suara bising yang ditimbulkan oleh mesin MRI namun suara bising tersebut tidak memberikan efek samping pada pasien.
- Pasien diberi penjelasan untuk waktu lamanya proses pemeriksaan MRI. Waktu ditentukan dengan melihat penyakit yang dialami, karena setiap pemeriksaan MRI memiliki waktu pemeriksaan yang berbeda-beda. Perbedaan waktu tersebut bertujuan untuk mendapatkan hasil pemeriksaan yang bagus dan sesuai agar proses diagnosa dapat ditegakkan.

4. Kompensasi untuk Pasien

Pasien akan diberikan cinderamata yang telah disiapkan oleh pihak peneliti dan hasil pemeriksaan MRI berupa *soft copy* (CD) ketika hasil pemeriksaan MRI selesai.

D. Bahaya Penelitian

Tidak ada efek samping dalam proses pemeriksaan MRI kepala ini karena pemeriksaan dengan alat radiodiagnostik MRI tidak menggunakan radiasi penganapapun. Akan tetapi kemungkinan pemeriksaan membutuhkan waktu scan pemeriksaan tambahan karena adanya 4 variasi NEX (*Number Of Excitation*) untuk menentukan hasil citra dan waktu scan yang optimal bagi pasien.

E. Jadwal Penelitian

Pemeriksaan pasien dilaksanakan pada awal bulan maret hingga akhir bulan april. Setiap pasien akan diperiksa dengan 4 variasi nilai NEX.

F. Hak untuk Undur Diri

Responden akan diberikan kesediaan atau tidak bersedia untuk dijadikan responden penelitian tanpa adanya paksaan, responden diperbolehkan berhenti sewaktu-waktu jika merasa tidak nyaman atau ada hal yang dirasa merugikan.

G. Jenis Insentif

Hasil pemeriksaan MRI kepala akan dikonsultasikan kepada team dokter yang menangani dan selanjutnya hasil pemeriksaan akan diberikan kepada responden berupa *soft copy* (CD). Responden mendapatkan cinderamata jika mengikuti penelitian sampai akhir/selesai.

H. Contact Person

Bila ada keluhan diluar waktu terapi responden dapat menghubungi penanggungjawab penelitian yaitu;

Nama Peneliti	: Diana Ega Rani
No.telp	: 085852024201 /
Email	: diana.ega18@yahoo.com
Petugas Radiografer	: Akhmad Muzzamil
No.telp	: 085733052099
Email	: muzamilakhmad@gmail.com

LAMPIRAN 2**LEMBAR INFORM CONSENT**

Setelah mendengar penjelasan tentang penelitian “Optimalisasi *Number Of Excitation* (NEX) terhadap *Signal To-Noise Ratio* (SNR) dan Kecepatan Waktu *Scanning* Pada Pemeriksaan MRI” dan sudah diberi kesempatan untuk bertanya, maka bersama ini saya :

Nama lengkap :
 Jenis kelamin : Laki / Perempuan *
 Umur :
 Alamat :

Saya menyatakan **bersedia / tidak bersedia** (*) untuk mengikuti proyek penelitian tentang “Optimalisasi *Number Of Excitation* (NEX) terhadap *Signal To-Noise Ratio* (SNR) dan Kecepatan Waktu *Scanning* Pada Pemeriksaan MRI” sebagai pasien serta bersedia memberikan keterangan dengan sebenar-benarnya dan diperiksa secara cermat dalam penelitian ini.

Surabaya,.....

Tim Peneliti

Yang menyatakan,

(_____)
 Nama jelas

(_____)
 Nama jelas

Saksi

(_____)
 Nama jelas

*) *coret yang tidak perlu*

LAMPIRAN 3

CHECK LIST PEMERIKSAAN MRI (MAGNETIC RESONANCE IMAGING)

MRI (Magnetic Resonance Imaging) merupakan alat penunjang diagnosa, yang menggunakan prinsip kerja kekuatan magnet dan tidak menggunakan sinar X sehingga tidak menimbulkan efek radiasi.

Bila anda memasuki ruang MRI, ada beberapa hal yang harus diperhatikan :

1. Mengenakan pakaian yang telah disiapkan.
2. Pasien meninggalkan benda-benda logam dan alat elektronik yang bisa mempengaruhi hasil gambar dan akan rusak karena medan magnet yang kuat, seperti: jam tangan, barang elektronik, kunci, barang metal, kartu kredit atau ATM, alat bantu dengar dan lain-lain.
3. Memakai alat pacu jantung adalah keadaan yang tidak mungkin untuk dilakukan pemeriksaan MRI (kontra indikasi).
4. Pasien diminta berbaring dimeja pemeriksaan dan tidak boleh banyak bergerak.
5. Selama dilakukan pemeriksaan akan terdengar suara keras (monoton Ritm) seperti bunyi mesin, yang menandakan alat MRI bekerja. Pemantauan dilakukan selama pemeriksaan berlangsung dan apabila merasakan hal-hal yang kurang nyaman staff kami siap membantu.
6. Untuk informasi, fasilitas MRI yang kami miliki dapat memberikan pilihan musik selama anda menjalani proses pemeriksaan.
7. Pemeriksaan MRI kadang menggunakan bahan kontras, dimana diberikan secara intrvena (dimasukkan kedalam pembuluh darah vena) dan dosisnya tergantung berat badan anda. Penelitian memperlihatkan adanya resiko dari pemberian bahan kontras. Petugas radiologi akan memberitahu apakah anda perlu mendapatkan A

Hal-hal berikut yang dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan MRI dan beberapa diantaranya dapat berakibat fatal. Centang dikolom YA/TIDAK.

- | | | |
|--|--------------------------|-----------------------------|
| 1. Apakah anda memakai clips aneurisma otak ? | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |
| 2. Apakah anda memakai clip coronary artery bypass ? | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |
| 3. Apakah anda memakai clips transplantasi ginjal ? | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |
| 4. Apakah anda memakai protesis katub jantung ? | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |
| 5. Apakah anda pernah melakukan operasi ?
Sebutkan (misal : operasi kandung empedu dengan clips) | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |
| 6. Apakah anda memakai alat pacu jantung (pacemaker paco)? | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |
| | <input type="radio"/> Ya | <input type="radio"/> Tidak |

7. Apakah anda memakai clips penjepit aorta/pembuluh darah? Ya Tidak
8. Apakah anda memakai neurostimulator (tens unit) ? Ya Tidak
9. Apakah anda memakai IUD (alat kontrasepsi) ? Ya Tidak
10. Apakah anda memakai protesis mata ? Ya Tidak
11. Apakah anda memakai kosmetik di kelopak mata ? Ya Tidak
12. Apakah anda memakai/dipasang alat-alat orthopedic, seperti plate, screw, kawat, kepala sendi paha palsu dan sendi lutut palsu? Ya Tidak
13. Apakah anda memakai vena cava umrellas ? Ya Tidak
14. Apakah anda memakai insulin infussion pumps ? Ya Tidak
15. Apakah anda menderita penyakit anemia sickle cell ? Ya Tidak
16. Apakah anda mempunyai alergi, asma, menderita penyakit lain atau punya masalah penyakit lain atau mempunyai masalah kesehatan lain ? Ya Tidak
- Jika “Ya”, sebutkan penyakitnya.....
17. Apakah anda memakai alat bantu pendengaran atau gigi palsu atau protesis telinga tengah ? Ya Tidak
18. Apakah anda menderita epilepsi ? Ya Tidak
19. Apakah anda menderita Cloustraphobia ? (takut masuk lorong sempit) Ya Tidak
20. Apakah anda menderita jantung berdebar ? Ya Tidak
21. Apakah anda hamil trimester I ? Ya Tidak
- Jika “Ya” kapan menstruasi terakhir.....
22. Apakah anda bekerja dibengkel/dilingkungan yang memungkinkan kemasukan benda asing (pecahan logam dll) ? Ya Tidak

Keterangan-keterangan yang diperlukan:

Nama : Pr/Lk

Tempat Lahir : Umur : Tahun

Alamat : Kota :

No Tlp/Hp :

Tinggi Badan : cm Berat Badan : kg

Saya menyatakan bahwa informasi yang saya berikan diatas adalah benar, dan saya mengerti atas semua resiko, komplikasi dan efek samping dari pemeriksaan MRI ini.

Surabaya, / /

Yang Memberikan Keterangan,

Saksi

(.....)

(.....)

Pasien/Orangtua Pasien/ Anak Pasien

Petugas Radiolog

LAMPIRAN 4

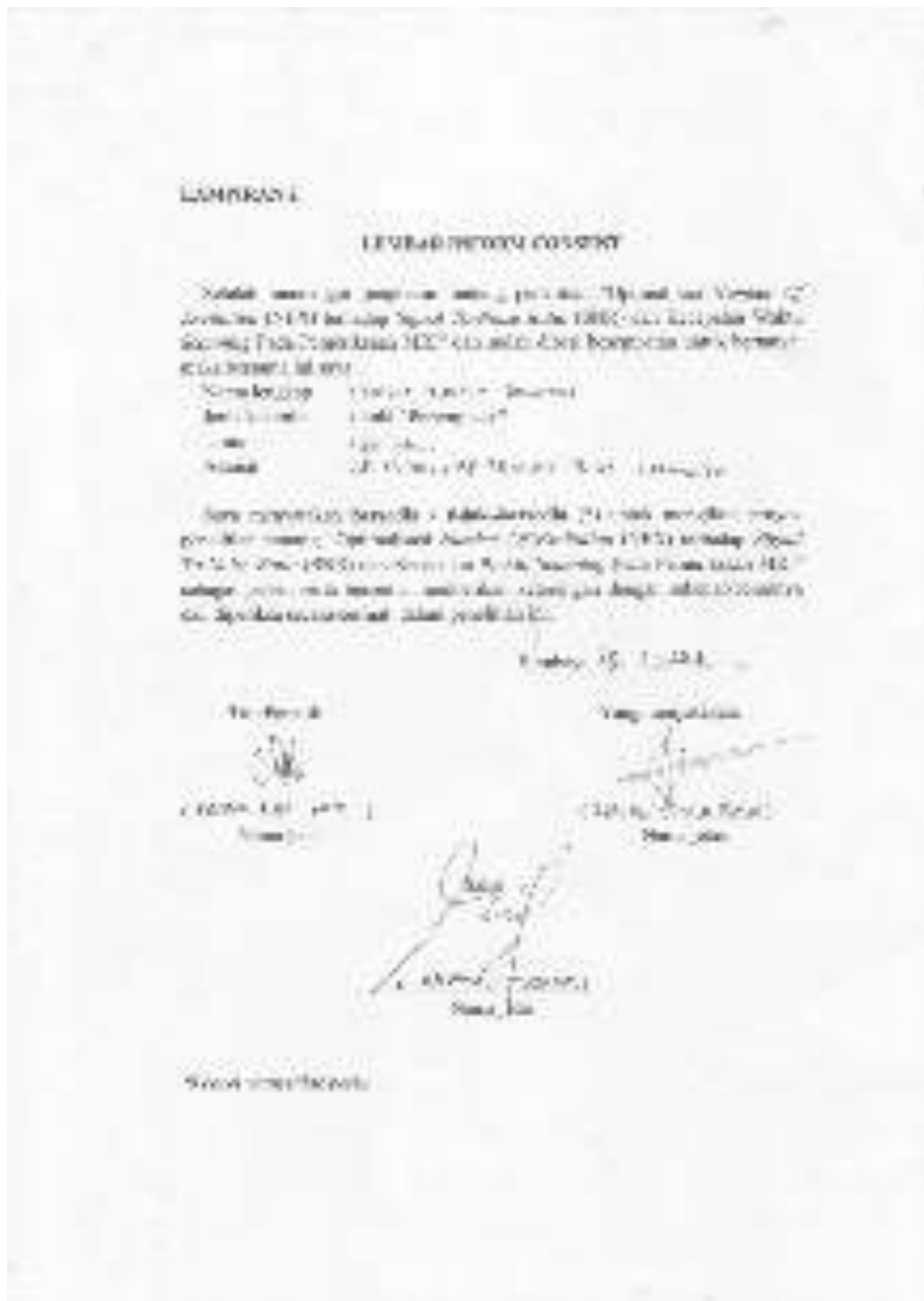
SERTIFIKAT KAJI ETIK



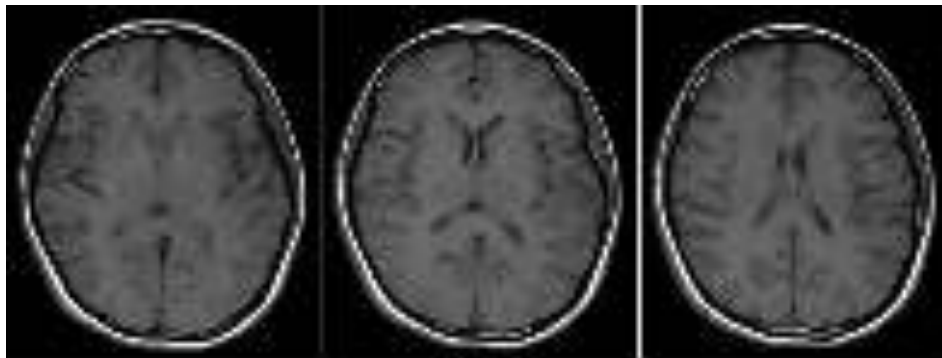
LAMPIRAN 6

DATA PEMERIKSAAN MRI PASIEN 1

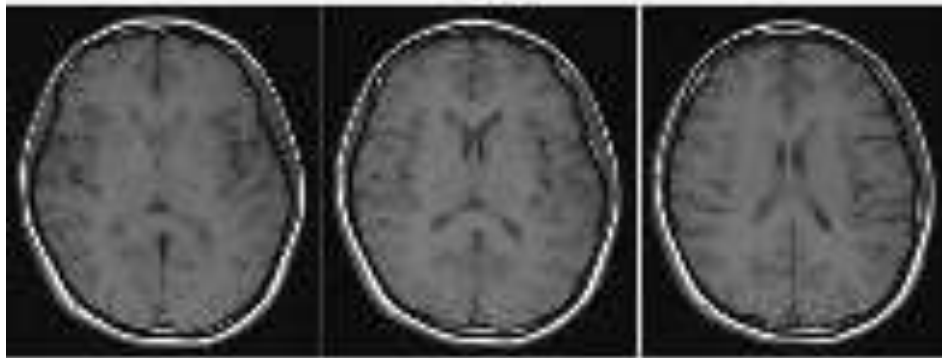
LEMBAR INFORM CONSENT



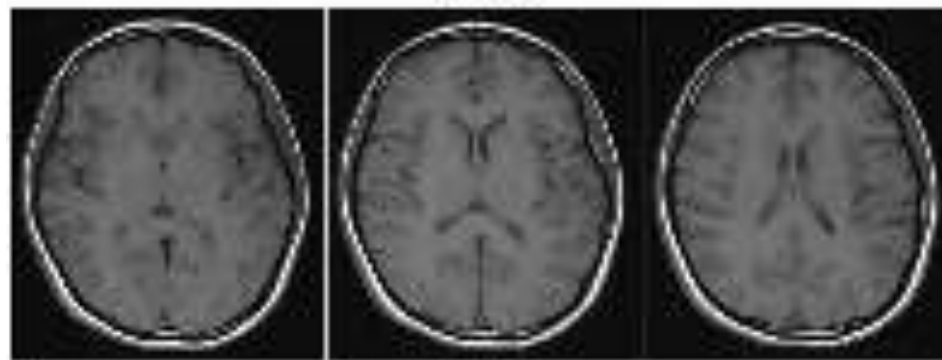
CITRA HASIL PEMERIKSAAN MRI



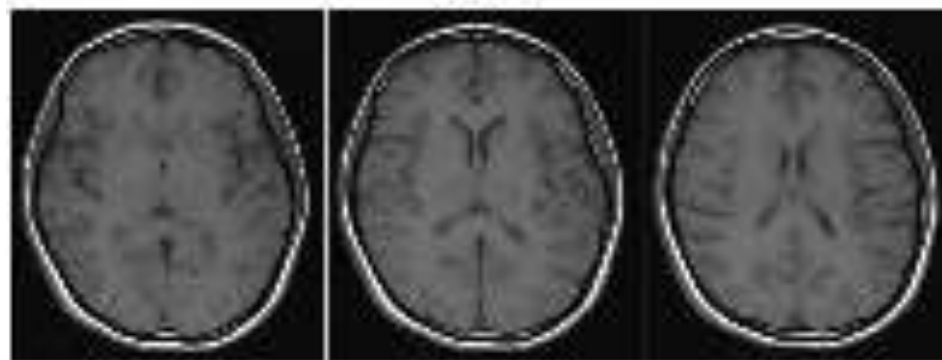
NEX 1



NEX 2



NEX 3



NEX 4

Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 1

Tanggal Pemeriksaan : 29-03-2016

Usia : 23 Th

Jenis Kelamin : Perempuan

Nama Dokter : dr. Ananda Haris,
S.pBS

Citra Ke	NEX	Hasil ROI							
		<i>White matters</i>	<i>Grey Matter</i>	CSF	Background				Rata-Rata
					1	2	3	4	
1	1	322	279.6	179.2	2	2.4	2.2	2.3	2.23
1	2	319.6	282.6	172.2	1.2	2.4	1.5	1.9	1.75
1	3	317.8	280	187	1.1	1.6	1.4	1.6	1.43
1	4	321.2	278.6	195.8	1.1	1.7	0.7	1.6	1.28
2	1	339	298.4	125.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.15
2	2	329.2	300.6	120.2	1.5	1.4	1.4	1.4	1.43
2	3	330	307.8	126	0.9	1.4	0.9	1,3	1.07
2	4	332	291.2	122	0.9	0.8	1.1	0.9	0.93
3	1	326.2	289	131.2	2	2.1	2.1	2.2	2.1
3	2	323.2	287.8	133.4	1.5	1.8	1.7	1.5	1.63
3	3	321.4	292.6	130.4	1	1.3	1.7	1.4	1.35
3	4	323	293	127	0.8	1.1	1.2	0.9	1

Hasil perhitungan SNR jaringan

Gambar ke	NEX	Hasil SNR		
		White Matter	Grey Matter	CSF
1	1	144.72	125.66	80.54
1	2	182.63	161.49	98.4
1	3	223.02	196.49	131.23
1	4	251.92	218.51	153.57
2	1	157.67	138.79	58.23
2	2	231.02	210.95	84.35
2	3	309.38	288.56	118.13
2	4	358.92	314.81	131.89
3	1	155.33	137.62	62.48
3	2	198.89	177.11	82.09
3	3	238.07	216.74	96.59
3	4	323	293	127

Kualitas citra

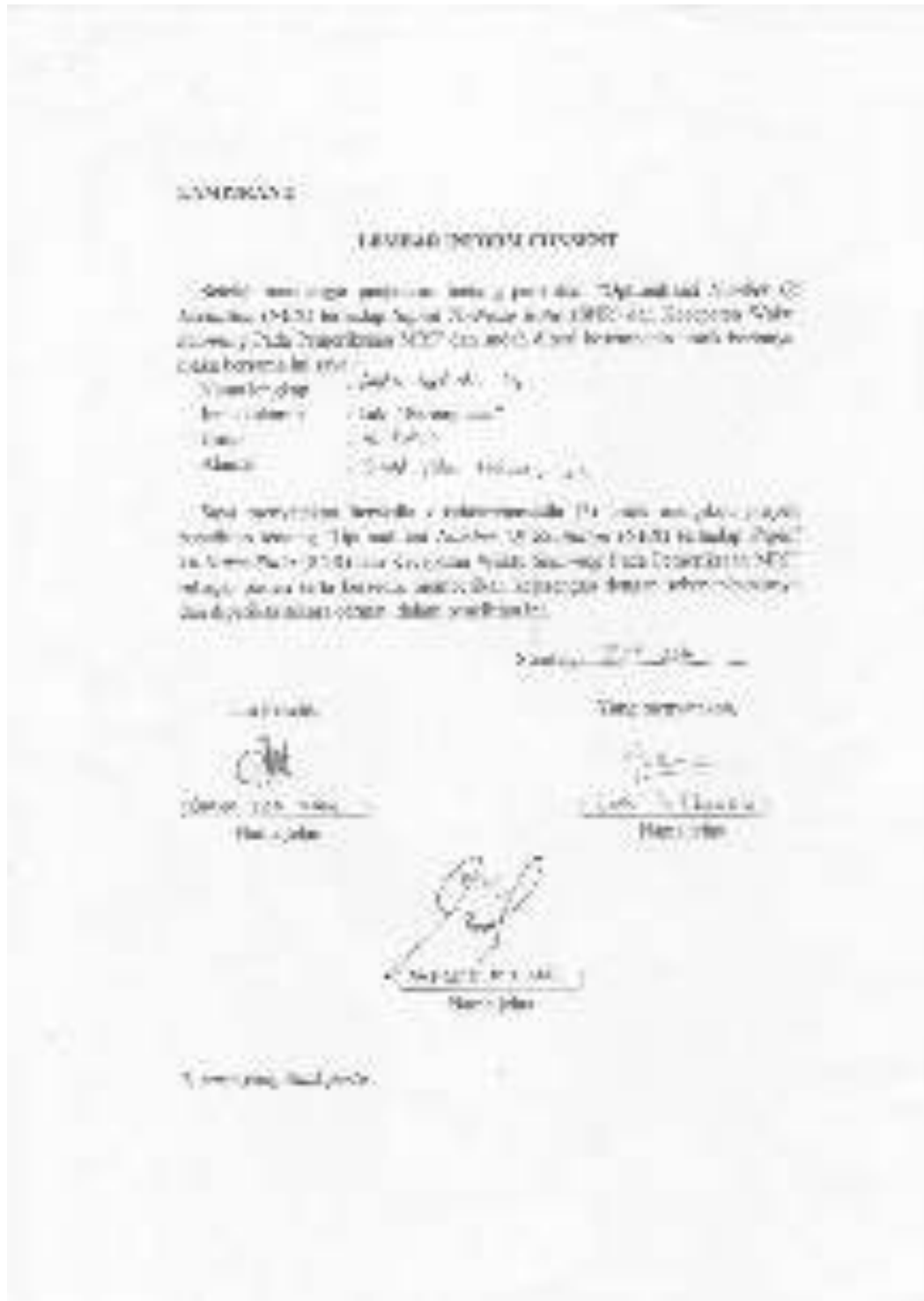
NEX	SNR			Waktu <i>Scanning</i>
	WM	GM	CSF	
1	152.58	134.02	67.08	2.01
2	204.18	183.18	88.28	3.59
3	256.82	233.93	115.32	5.57
4	311.28	275.44	137.49	7.56

Prosentase Peningkatan SNR terhadap Perubahan NEX

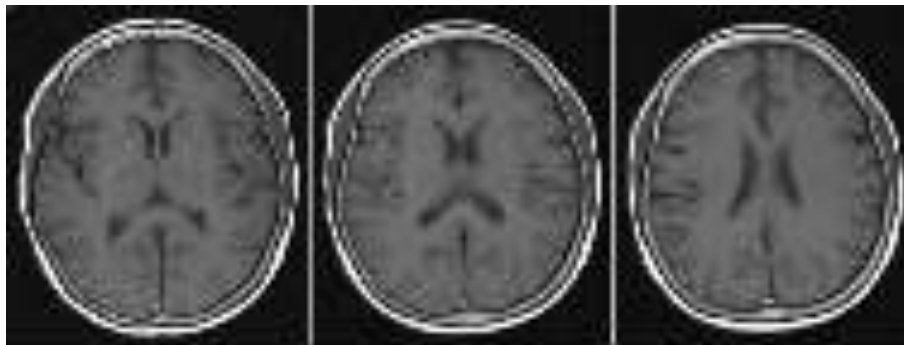
NEX	Presentase kenaikan SNR			Presentase Rata-rata
	White matters	Grey matters	CSF	
1	-	-	-	-
2	34%	37%	32%	34%
3	68%	75%	72%	72%
4	104%	106%	105%	105%

DATA PEMERIKSAAN MRI PASIEN 2

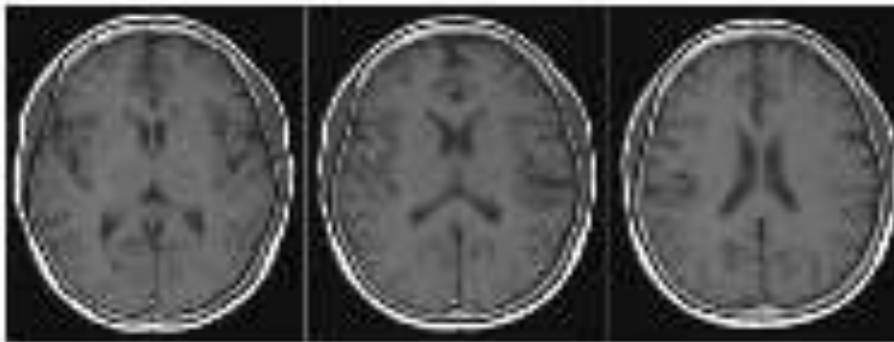
LEMBAR INFORM CONSENT



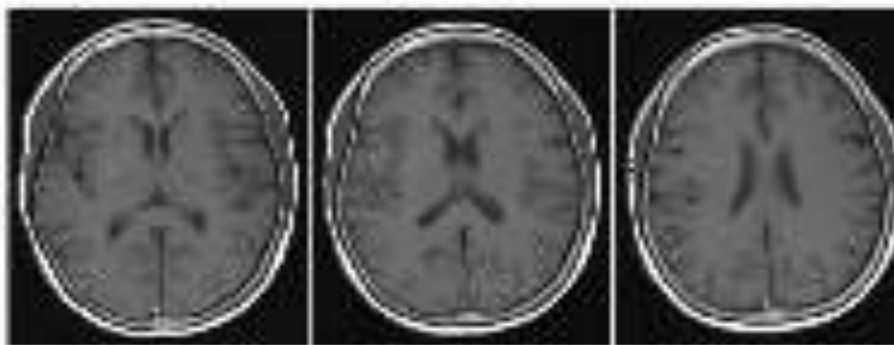
CITRA HASIL PEMERIKSAAN MRI



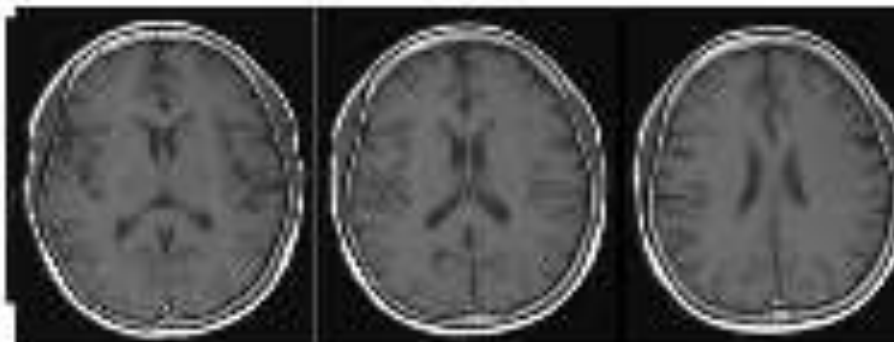
NEX 1



NEX 2



NEX 3



NEX 4

Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 2

Tanggal Pemeriksaan: 31-03-2016

Jenis Kelamin : Perempuan

Usia : 52 Th

Nama Dokter : dr. Ananda Haris,
S.pBS

Gambar Ke	NEX	Hasil ROI							
		<i>White Matter</i>	<i>Grey Matter</i>	CSF	Background				
					1	2	3	4	Rata-Rata
1	1	363.20	302.60	141.40	2.40	2.50	2.40	2.70	2.50
1	2	381.00	321.00	158.80	2.00	2.40	2.00	2.60	2.25
1	3	365.80	307.00	127.00	1.10	1.60	1.30	1.90	1.48
1	4	362.60	322.20	139.20	1.20	1.40	1.10	1.70	1.35
2	1	391.00	320.20	146.00	2.40	2.90	2.40	2.60	2.58
2	2	354.20	308.20	122.60	2.20	1.70	1.20	1.80	1.73
2	3	380.40	318.20	138.40	1.30	1.40	1.40	1.70	1.45
2	4	380.20	318.80	157.00	0.90	1.00	1.10	1.50	1.13
3	1	269.60	318.20	141.20	2.50	2.40	2.40	2.50	2.45
3	2	384.60	347.00	226.00	1.70	1.60	1.60	2.10	1.75
3	3	366.40	322.00	142.80	1.50	1.30	1.50	1.90	1.55
3	4	364.60	332.80	149.40	1.60	1.30	1.10	1.80	1.45

Hasil perhitungan SNR jaringan

Gambar ke	NEX	Hasil SNR		
		<i>White Matter</i>	<i>Grey Matter</i>	CSF
1	1	145.28	121.04	56.56
1	2	169.33	142.67	70.58
1	3	248.00	208.14	86.10
1	4	268.59	238.67	103.11
2	1	151.84	124.35	56.70
2	2	205.33	178.67	71.07
2	3	262.34	219.45	95.45
2	4	337.96	283.38	139.56
3	1	110.04	129.88	57.63
3	2	219.77	198.29	129.14
3	3	236.39	207.74	92.13
3	4	251.45	229.52	103.03

Kualitas citra

NEX	SNR			Waktu <i>scanning</i>
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	135.72	125.09	56.96	2.01
2	198.15	173.21	90.26	3.59
3	248.91	211.78	91.23	5.57
4	286.00	250.52	115.23	7.56

Prosentase Peningkatan SNR terhadap Perubahan NEX

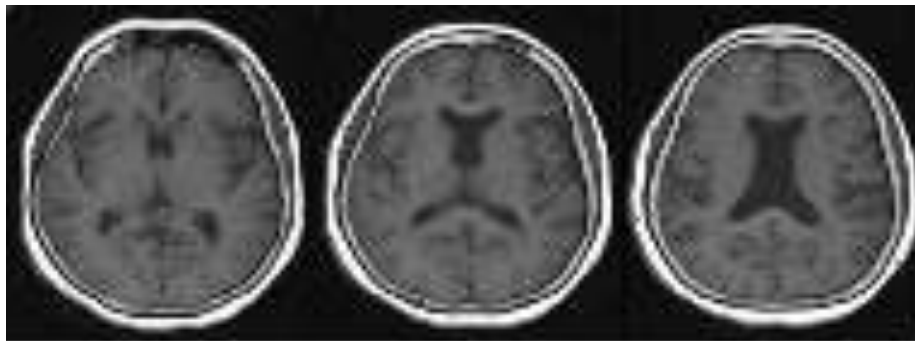
NEX	Presentase kenaikan SNR			Prosentase Rata-rata
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	-	-	-	-
2	46%	38%	58%	48%
3	83%	69%	60%	71%
4	111%	100%	102%	104%

DATA PEMERIKSAAN MRI PASIEN 3

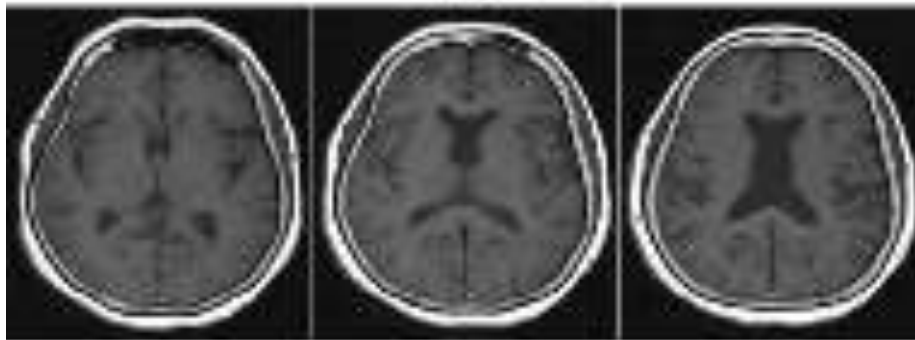
LEMBAR INFORM CONSENT



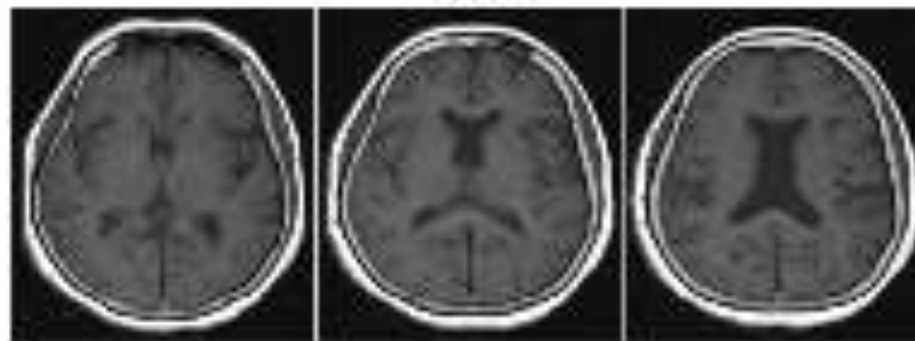
CITRA HASIL PEMERIKSAAN MRI



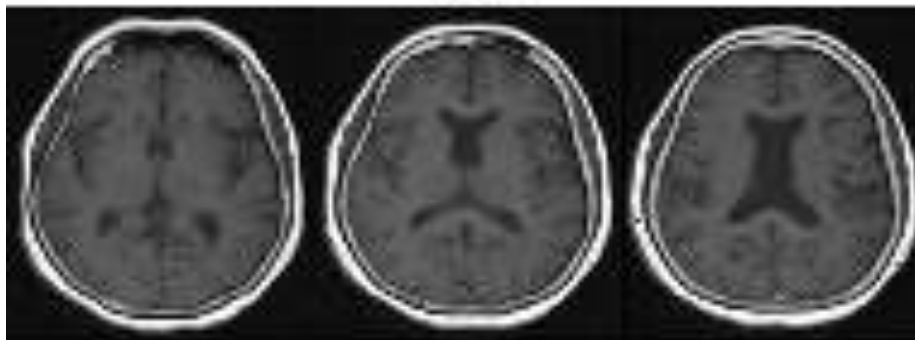
NEX 1



NEX 2



NEX 3



NEX 4

Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 3

Tanggal Pemeriksaan : 19-04-2016

Jenis Kelamin : Perempuan

Usia :

Nama Dokter : dr. Ananda Haris,
S.pBS

Gambar Ke	NEX	Hasil ROI							
		White Matter	Grey Matter	CSF	Background				Rata-Rata
					1	2	3	4	
1	1	439.80	335.40	122.20	1.90	1.90	2.00	1.90	1.93
1	2	315.60	258.40	109.80	1.90	1.70	1.90	1.80	1.83
1	3	311.80	264.00	111.00	1.60	1.50	1.10	1.20	1.35
1	4	320.00	263.00	115.40	1.30	1.30	0.90	1.20	1.18
2	1	450.60	327.20	148.40	1.90	1.90	2.00	1.90	1.93
2	2	340.60	275.40	120.60	1.00	1.60	1.50	2.10	1.55
2	3	338.00	266.00	120.00	1.10	1.40	1.10	1.10	1.18
2	4	344.00	272.60	119.80	1.20	1.10	0.80	1.30	1.10
3	1	453.60	363.00	156.20	2.00	1.90	1.90	2.00	1.95
3	2	325.20	272.00	121.00	1.60	1.30	2.30	1.20	1.60
3	3	325.80	275.60	123.80	1.20	0.90	1.10	1.40	1.15
3	4	327.00	278.60	118.80	1.20	1.30	1.30	1.20	1.25

Hasil perhitungan SNR jaringan

Gambar ke	NEX	Hasil SNR		
		White Matter	Grey Matter	CSF
1	1	228.47	174.23	63.48
1	2	172.93	141.59	60.16
1	3	230.96	195.56	82.22
1	4	272.34	223.83	98.21
2	1	234.08	169.97	77.09
2	2	219.74	177.68	77.81
2	3	287.66	226.38	102.13
2	4	312.73	247.82	108.91
3	1	232.62	186.15	80.10
3	2	203.25	170.00	75.63
3	3	283.30	239.65	107.65
3	4	261.60	222.88	95.04

Kualitas citra

NEX	SNR			Waktu <i>scanning</i>
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	231.72	176.79	73.56	2.01
2	198.64	163.09	71.20	3.59
3	267.31	220.53	97.33	5.57
4	282.22	231.51	100.72	7.56

Prosentase Peningkatan SNR terhadap Perubahan NEX

NEX	Presentase kenaikan SNR			Prosentase Rata-rata
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	-	-	-	-
2	-14%	-8%	-3%	-8%
3	15%	25%	32%	24%
4	22%	31%	37%	30%

DATA PEMERIKSAAN MRI PASIEN 4

LEMBAR INFORM CONSENT

JAMPILAS

INFORMED CONSENT

Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, anda akan menerima informasi mengenai prosedur pemeriksaan MRI, manfaat dan risiko pemeriksaan MRI. Anda akan diminta untuk menandatangani lembar ini sebagai tanda persetujuan anda.

- Nama : ...
- No. : ...
- Alamat : ...

Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, anda akan menerima informasi mengenai prosedur pemeriksaan MRI, manfaat dan risiko pemeriksaan MRI. Anda akan diminta untuk menandatangani lembar ini sebagai tanda persetujuan anda.

... ..



... ..

CHECK LIST PEMERIKSAAN MRI

Waktu pemeriksaan: 15/11/2015, waktu pemeriksaan: 08:00, jenis pemeriksaan: ...

1. Mengevaluasi kualitas gambar yang diperoleh
2. Melakukan pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan, dan memastikan bahwa gambar yang diperoleh sesuai dengan urutan yang ditentukan. (Terdapat gambar yang tidak sesuai dengan urutan yang ditentukan)
3. Melakukan pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan, dan memastikan bahwa gambar yang diperoleh sesuai dengan urutan yang ditentukan.
4. Melakukan pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan, dan memastikan bahwa gambar yang diperoleh sesuai dengan urutan yang ditentukan.
5. Melakukan pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan, dan memastikan bahwa gambar yang diperoleh sesuai dengan urutan yang ditentukan.
6. Melakukan pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan, dan memastikan bahwa gambar yang diperoleh sesuai dengan urutan yang ditentukan.
7. Melakukan pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan, dan memastikan bahwa gambar yang diperoleh sesuai dengan urutan yang ditentukan.

Hasil pemeriksaan: ...

No	Item	Ya	Tidak	Waktu
1	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
2	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
3	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
4	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
5	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
6	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
7	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
8	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
9	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
10	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
11	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
12	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
13	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
14	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
15	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
16	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
17	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
18	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
19	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
20	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
21	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
22	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
23	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
24	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015
25	Apakah pemeriksaan anatomi berdasarkan urutan dan urutan yang telah ditentukan?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	15/11/2015

Consignasi gambar: ...

Tempat: ...

Waktu: ...

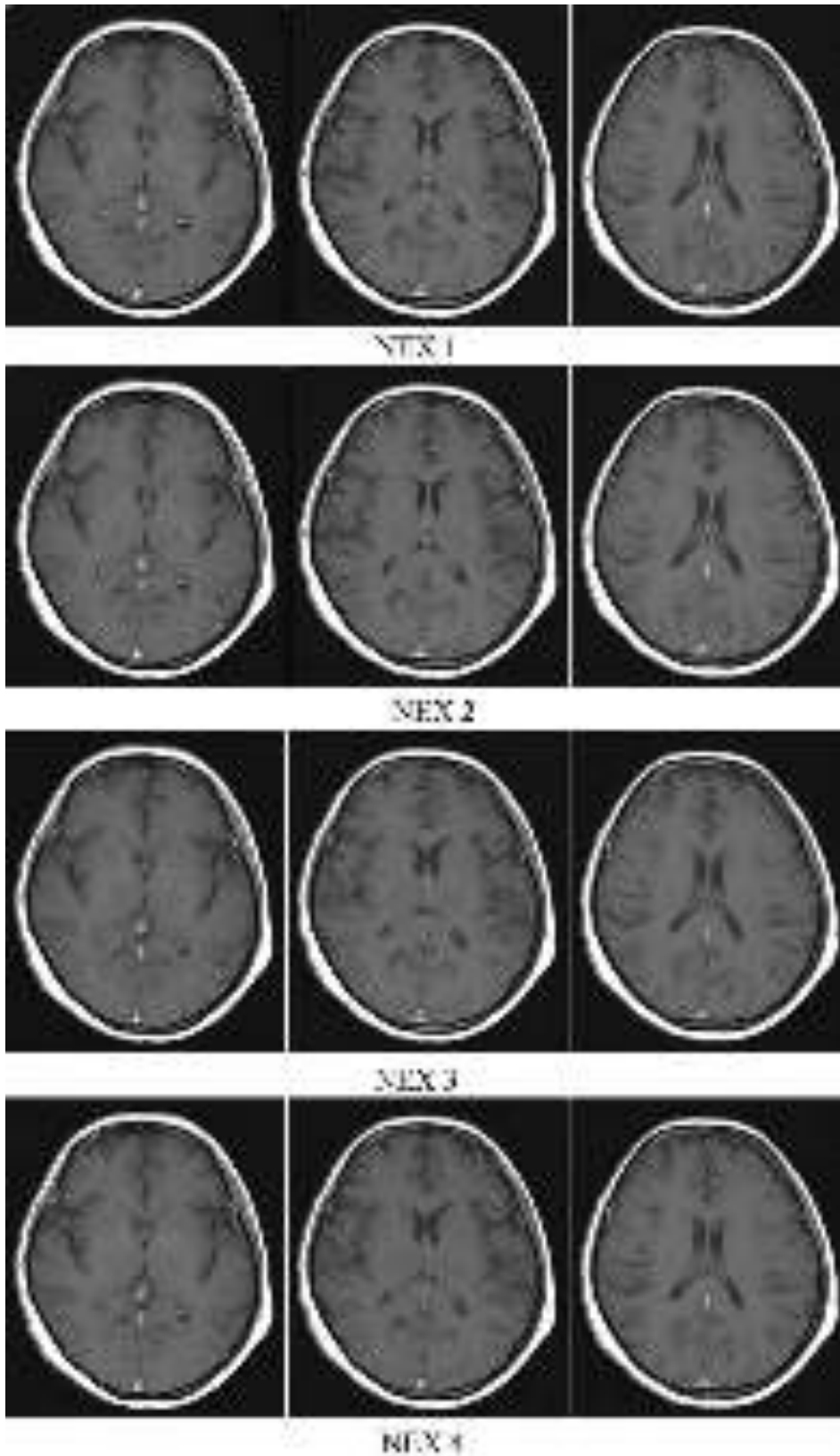
Hasil pemeriksaan: ...

Signature: ...

Tempat: ...

Waktu: ...

CITRA HASIL PEMERIKSAAN MRI



Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 4

Tanggal Pemeriksaan : 28-04-2016

Jenis Kelamin : Perempuan

Usia :

Nama Dokter : dr. Diah Hari Sp.S

Gambar Ke	NEX	Hasil ROI							
		White Matter	Grey Matter	CSF	Background				
					1	2	3	4	Rata-Rata
1	1	357.00	341.40	193.00	2.00	1.90	1.80	1.60	1.83
1	2	367.00	339.00	189.20	1.40	1.70	1.40	2.00	1.63
1	3	356.60	330.00	187.40	1.00	1.30	1.30	1.40	1.25
1	4	361.20	331.00	207.60	0.90	1.00	1.20	1.20	1.08
2	1	355.60	315.80	130.80	1.80	1.70	2.00	2.10	1.90
2	2	349.20	319.00	127.30	1.80	1.40	1.50	1.60	1.58
2	3	349.80	315.40	132.00	1.20	1.30	1.30	1.60	1.35
2	4	349.20	311.40	121.00	1.20	1.00	0.90	1.30	1.10
3	1	375.60	310.80	134.80	1.90	1.80	1.80	2.00	1.88
3	2	377.60	319.40	139.80	1.50	1.80	1.50	1.50	1.58
3	3	375.00	326.00	141.40	1.50	1.30	1.20	1.40	1.35
3	4	371.00	321.80	145.20	1.40	1.30	0.80	1.30	1.20

Hasil perhitungan SNR jaringan

Gambar ke	NEX	Hasil SNR		
		White Matter	Grey Matter	CSF
1	1	195.62	187.07	105.75
1	2	225.85	208.62	116.43
1	3	285.28	264.00	149.92
1	4	336.00	307.91	193.12
2	1	187.16	166.21	68.84
2	2	221.71	202.54	80.83
2	3	259.11	233.63	97.78
2	4	317.45	283.09	110.00
3	1	200.32	165.76	71.89
3	2	239.75	202.79	88.76
3	3	277.78	241.48	104.74
3	4	309.17	268.17	121.00

Kualitas citra

NEX	SNR			Waktu <i>scanning</i>
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	155.33	137.62	62.48	2.01
2	198.89	177.11	82.09	3.59
3	238.07	216.74	96.59	5.57
4	323.00	293.00	127.00	7.56

Prosentase Peningkatan SNR terhadap Perubahan NEX

NEX	Presentase kenaikan SNR			Prosentase Rata-rata
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	-	-	-	-
2	28%	29%	31%	29%
3	53%	57%	55%	55%
4	108%	113%	103%	108%

DATA PEMERIKSAAN MRI PASIEN 5

LEMBAR INFORM CONSENT

TAMBAHAN

LEMBAR INFORM CONSENT

Sebelum melakukan prosedur pemeriksaan MRI, The subject, Pasien 5, harus memahami dan menandatangani lembar ini. Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, The subject harus memahami dan menandatangani lembar ini.

Informasi yang akan diberikan kepada The subject meliputi:
- Tujuan pemeriksaan MRI
- Manfaat pemeriksaan MRI
- Risiko pemeriksaan MRI
- Cara pemeriksaan MRI
- Cara perawatan setelah pemeriksaan MRI

Setelah memahami informasi ini, The subject menyatakan bahwa ia telah memahami dan menandatangani lembar ini. The subject menyatakan bahwa ia telah memahami dan menandatangani lembar ini.

Setelah memahami informasi ini, The subject menyatakan bahwa ia telah memahami dan menandatangani lembar ini.

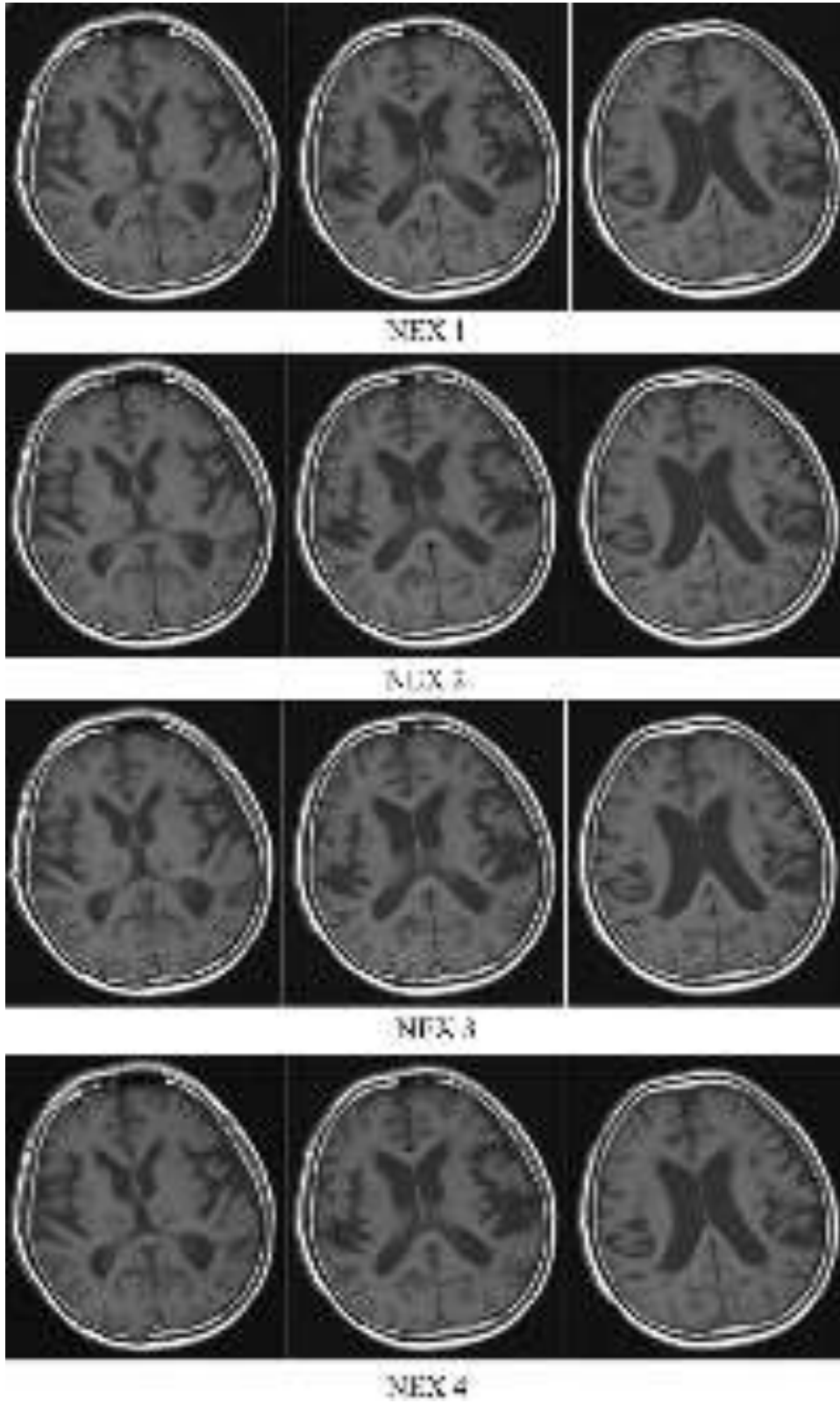
Di bawah ini terdapat gambar yang menunjukkan lokasi pemeriksaan MRI. The subject menyatakan bahwa ia telah memahami dan menandatangani lembar ini.

Yang ditunjukkan pada gambar di atas adalah lokasi pemeriksaan MRI. The subject menyatakan bahwa ia telah memahami dan menandatangani lembar ini.



The subject menyatakan bahwa ia telah memahami dan menandatangani lembar ini.

CITRA HASIL PEMERIKSAAN MRI



Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 5

Tanggal Pemeriksaan : 29-04-2016

Jenis Kelamin : Laki-laki

Usia : 65 Th

Nama Dokter : dr. Neimy N. Sp.S

Gambar Ke	NEX	Hasil ROI							
		White Matter	Grey Matter	CSF	Background				Rata-Rata
					1	2	3	4	
1	1	296.60	228.00	111.80	1.70	1.60	1.60	1.90	1.70
1	2	293.60	220.00	117.00	1.50	1.30	1.40	1.70	1.48
1	3	287.60	241.80	115.80	1.40	1.10	1.30	1.30	1.28
1	4	295.20	217.80	117.20	0.80	1.00	1.00	0.90	0.93
2	1	287.40	212.60	100.20	1.90	1.60	1.60	1.40	1.63
2	2	227.40	217.80	107.40	1.10	1.10	1.30	1.60	1.28
2	3	281.80	241.40	106.60	1.10	0.90	1.30	1.10	1.10
2	4	282.80	223.80	104.20	0.90	1.00	1.20	0.90	1.00
3	1	291.20	259.80	109.80	1.60	1.40	1.30	1.70	1.50
3	2	288.00	259.60	116.60	1.20	1.50	1.00	1.60	1.33
3	3	289.20	254.40	115.80	0.90	1.30	0.80	1.10	1.03
3	4	292.20	269.40	121.60	1.00	1.00	0.80	1.10	0.98

Hasil perhitungan SNR jaringan

Gambar ke	NEX	Hasil SNR		
		White Matter	Grey Matter	CSF
1	1	174.47	134.12	65.76
1	2	199.05	149.15	79.32
1	3	225.57	189.65	90.82
1	4	319.14	235.46	126.70
2	1	176.86	130.83	61.66
2	2	178.35	170.82	84.24
2	3	256.18	219.45	96.91
2	4	282.80	223.80	104.20
3	1	194.13	173.20	73.20
3	2	217.36	195.92	88.00
3	3	282.15	248.20	112.98
3	4	299.69	276.31	124.72

Kualitas citra

NEX	SNR			Waktu <i>scanning</i>
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	181.82	146.05	66.88	2.01
2	198.25	171.97	83.85	3.59
3	254.63	219.10	100.24	5.57
4	300.54	245.19	118.54	7.56

Prosentase Peningkatan SNR terhadap Perubahan NEX

NEX	Presentase kenaikan SNR			Prosentase Rata-rata
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	-	-	-	-
2	9%	18%	25%	17%
3	40%	50%	50%	47%
4	65%	68%	77%	70%

DATA PEMERIKSAAN MRI PASIEN 6

LEMBAR INFORM CONSENT

LAMPIRAN:

LEMBAR INFORM CONSENT

Sebelum melakukan pemeriksaan imaging pada diri: **Modifikasi Number Of Contrast Media** melalui **Open In-Vivo Scan (OVS)** dan **Kooperasi With a Secretary Pada Pemeriksaan MRI** dan **salah satu kooperator** yang bernama: **Kooperator nomor**

Nama lengkap : **Dr. N. N. ...**
 No. Induk : **...**
 Umur : **...**
 Alamat : **...**

Apakah anda sudah membaca dan memahami isi dari lembar ini yang menjelaskan tentang prosedur pemeriksaan **Optimisasi Number Of Contrast Media** melalui **Open In-Vivo Scan (OVS)** dan **Kooperasi With a Secretary Pada Pemeriksaan MRI** sebagai salah satu prosedur penelitian & prosedur dengan selanjutnya akan dilakukan secara umum dalam penelitian ini?

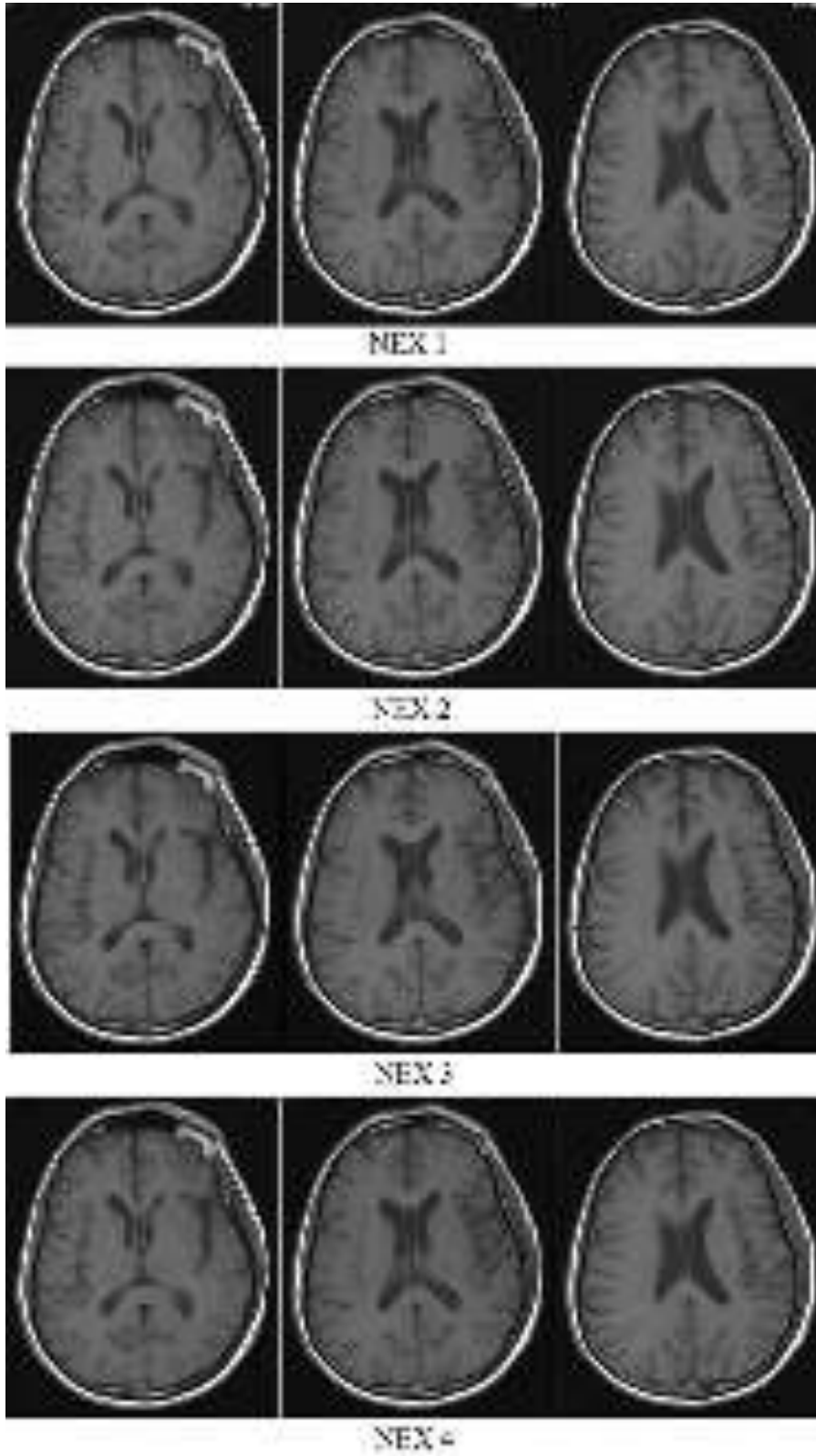
Sebelum / Setelah ...

Daftar ...
 (2017-2018)

Daftar ...
 (2017-2018)

...

CITRA HASIL PEMERIKSAAN MRI



Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 6

Tanggal Pemeriksaan : 03-05-2016

Jenis Kelamin : Laki-laki

Usia : 63 Th

Nama Dokter : Dr. Ananda Haris
Sp.BS

Gambar Ke	NEX	Hasil ROI							
		White Matter	Grey Matter	CSF	Background				Rata-Rata
					1	2	3	4	
1	1	316.00	267.00	106.60	1.60	1.50	1.80	1.80	1.68
1	2	317.80	262.20	117.60	1.60	1.20	1.90	2.20	1.73
1	3	319.20	271.60	115.20	1.00	0.90	1.50	1.10	1.13
1	4	316.80	269.20	116.20	0.90	1.00	1.00	1.20	1.03
2	1	313.80	276.00	112.60	1.50	1.10	1.80	1.60	1.50
2	2	309.20	269.20	108.40	1.30	1.00	1.60	1.10	1.25
2	3	313.60	255.40	108.00	0.80	0.90	1.00	1.20	0.98
2	4	308.00	252.00	107.00	0.90	0.90	1.00	1.00	0.95
3	1	327.80	279.40	118.80	1.50	1.40	1.90	1.70	1.63
3	2	329.60	277.00	121.80	1.20	1.40	1.30	1.30	1.30
3	3	325.60	275.00	116.00	1.20	0.80	1.00	1.00	1.00
3	4	327.00	275.20	120.00	1.20	0.70	1.00	1.10	1.00

Hasil perhitungan SNR jaringan

Gambar ke	NEX	Hasil SNR		
		White Matter	Grey Matter	CSF
1	1	188.66	159.40	63.64
1	2	184.23	152.00	68.17
1	3	283.73	241.42	102.40
1	4	309.07	262.63	113.37
2	1	209.20	184.00	75.07
2	2	247.36	215.36	86.72
2	3	321.64	261.95	110.77
2	4	324.21	265.26	112.63
3	1	201.72	171.94	73.11
3	2	253.54	213.08	93.69
3	3	325.60	275.00	116.00
3	4	327.00	275.20	120.00

Kualitas citra

NEX	SNR			Waktu <i>Scanning</i>
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	199.86	171.78	70.61	2.01
2	228.38	193.48	82.86	3.59
3	310.32	259.46	109.72	5.57
4	320.09	267.70	115.33	7.56

Prosentase Peningkatan SNR terhadap Perubahan NEX

NEX	Presentase kenaikan SNR			Prosentase Rata-rata
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	-	-	-	-
2	14%	13%	17%	15%
3	55%	51%	55%	54%
4	60%	56%	63%	60%

DATA PEMERIKSAAN MRI PASIEN 7

LEMBAR INFORM CONSENT

TAMPIRAN 2

LEMBAR INFORM CONSENT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, saya adalah **Dr. H. Hani, Sp.R.** (Kardiologi) dan **Dr. H. Hani, Sp.R.** (Kardiologi) sebagai Peneliti yang melakukan penelitian tentang **Keefektifan Penggunaan Obat-Obatan Kardiovaskular pada Pasien dengan Penyakit Jantung Koroner dengan Gangguan Arteri Koroner dan Gangguan Serabut Serabut**.

Menyebutkan bahwa:

1. Nama Lengkap: **Dr. H. Hani, Sp.R.**

2. Nama: **Hani**

3. Alamat: **Jl. Sekeloa Timur No. 1, Surabaya**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, saya adalah **Dr. H. Hani, Sp.R.** (Kardiologi) sebagai Peneliti yang melakukan penelitian tentang **Keefektifan Penggunaan Obat-Obatan Kardiovaskular pada Pasien dengan Penyakit Jantung Koroner dengan Gangguan Arteri Koroner dan Gangguan Serabut Serabut**.

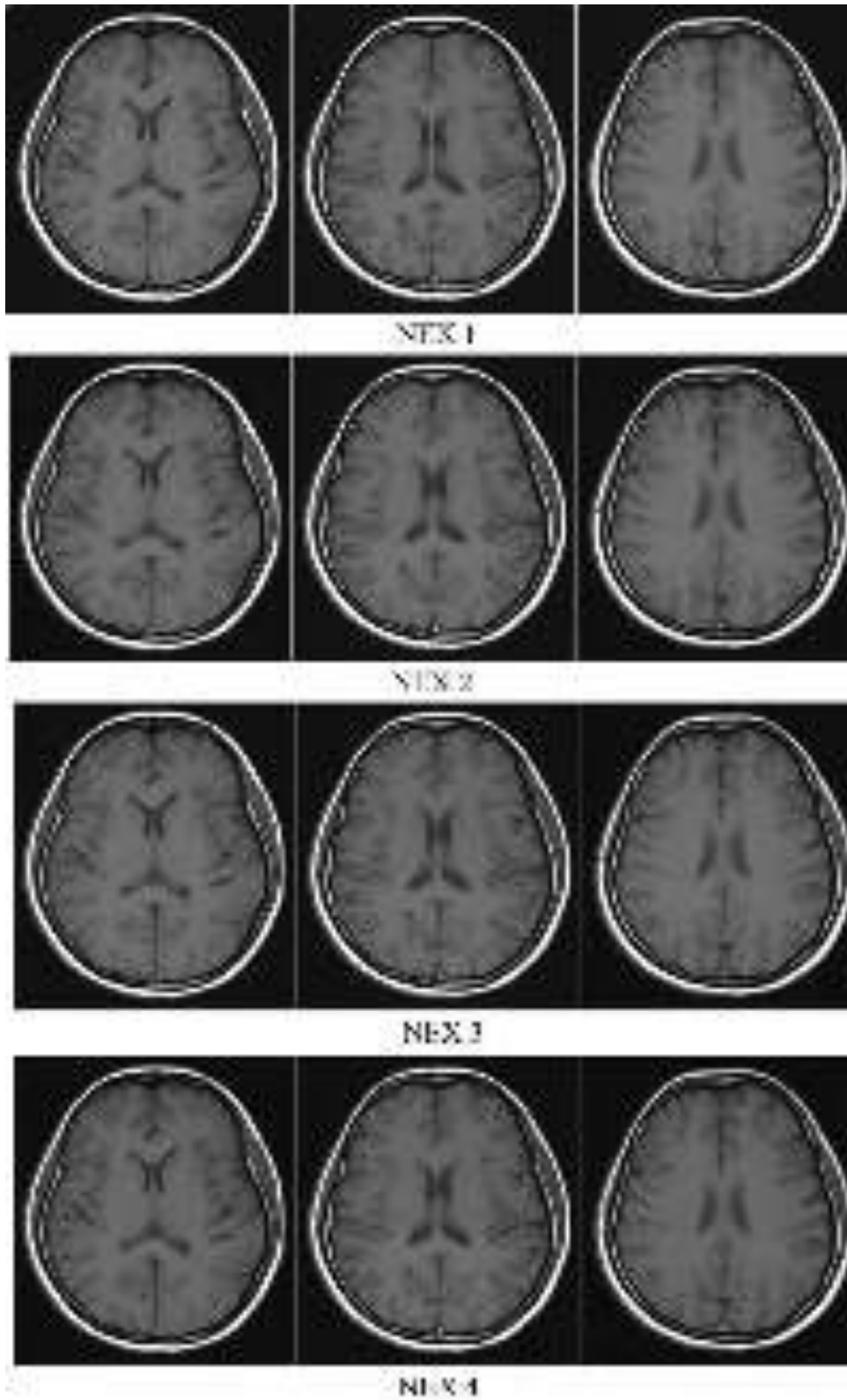
Sesuai dengan ketentuan yang tertera di atas, saya telah membaca dan memahami isi dari formulir ini dan saya bersedia memberikan persetujuan saya untuk mengikuti penelitian ini.

Mengetahui dan menyetujui,
 (Tanda Tangan) (Tanda Tangan)
 (Nama) (Nama)
 (Tanda Tangan) (Tanda Tangan)

Dr. H. Hani, Sp.R.
 (Tanda Tangan)
 (Nama)

Dr. H. Hani, Sp.R.
 (Tanda Tangan)
 (Nama)

CITRA HASIL PEMERIKSAAN MRI



Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 7

Tanggal Pemeriksaan : 04-03-2016

Jenis Kelamin : Perempuan

Usia : 22 Th

Nama Dokter : dr. Ananda Haris
Sp.BS

Gambar Ke	NEX	Hasil ROI							
		White Matter	Grey Matter	CSF	Background				Rata-Rata
					1	2	3	4	
1	1	335.40	277.60	132.80	1.80	1.70	1.50	1.70	1.68
1	2	335.00	273.60	126.60	1.20	1.50	1.30	1.20	1.30
1	3	327.20	278.40	130.60	1.10	1.00	1.20	0.90	1.05
1	4	327.40	280.20	134.20	1.00	1.00	0.90	0.80	0.93
2	1	316.20	269.20	125.60	1.50	1.50	1.70	1.40	1.53
2	2	319.20	263.80	116.60	1.40	1.10	1.40	0.90	1.20
2	3	315.20	267.40	119.00	1.20	1.20	1.20	1.10	1.18
2	4	310.20	266.00	116.60	0.90	1.00	0.90	0.90	0.93
3	1	338.60	281.80	164.00	1.60	1.70	1.50	1.70	1.63
3	2	336.00	276.20	167.80	1.20	1.50	1.50	1.20	1.35
3	3	333.80	278.20	166.60	1.10	1.10	0.90	1.20	1.08
3	4	333.60	276.00	168.60	1.10	0.90	1.10	1.00	1.03

Hasil perhitungan SNR jaringan

Gambar ke	NEX	Hasil SNR		
		White Matter	Grey Matter	CSF
1	1	200.24	165.73	79.28
1	2	257.69	210.46	97.38
1	3	311.62	265.14	124.38
1	4	353.95	302.92	145.08
2	1	207.34	176.52	82.36
2	2	266.00	219.83	97.17
2	3	268.26	227.57	101.28
2	4	335.35	287.57	126.05
3	1	208.37	173.42	100.92
3	2	248.89	204.59	124.30
3	3	310.51	258.79	154.98
3	4	325.46	269.27	164.49

Kualitas citra

NEX	SNR			Waktu <i>scanning</i>
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	205.32	171.89	87.52	2.01
2	257.53	211.63	106.28	3.59
3	296.80	250.50	126.88	5.57
4	338.25	286.58	145.21	7.56

Prosentase Peningkatan SNR terhadap Perubahan NEX

NEX	Presentase kenaikan SNR			Prosentase Rata-rata
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	-	-	-	-
2	25%	23%	21%	23%
3	45%	46%	45%	45%
4	65%	67%	66%	66%

DATA PEMERIKSAAN MRI PASIEN 8

LEMBAR INFORM CONSENT

INFORMASI

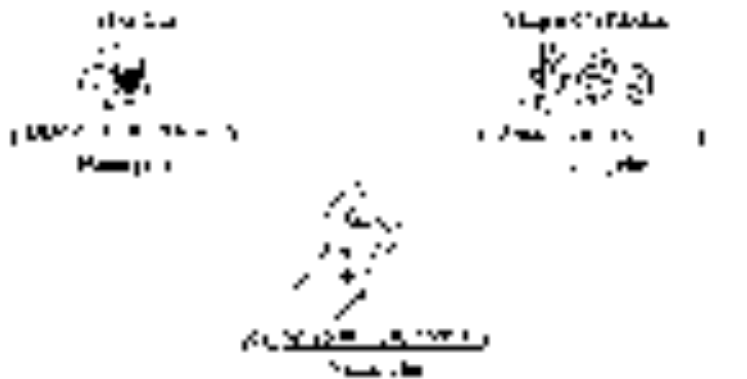
INFORMASI MENGENAI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian obat anti-tuberkulosis terhadap tingkat kepatuhan minum obat pada pasien TB paru. Penelitian ini dilaksanakan di Puskesmas Jember Barat, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur.

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode kuisioner. Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan, yaitu dari bulan Agustus 2022 sampai dengan bulan Oktober 2022. Penelitian ini dilaksanakan di Puskesmas Jember Barat, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur.

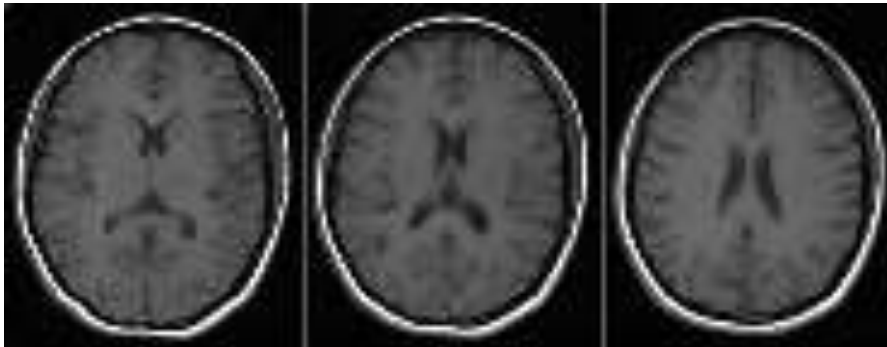
Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode kuisioner. Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan, yaitu dari bulan Agustus 2022 sampai dengan bulan Oktober 2022. Penelitian ini dilaksanakan di Puskesmas Jember Barat, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur.

KEPATUHAN MINUM OBAT

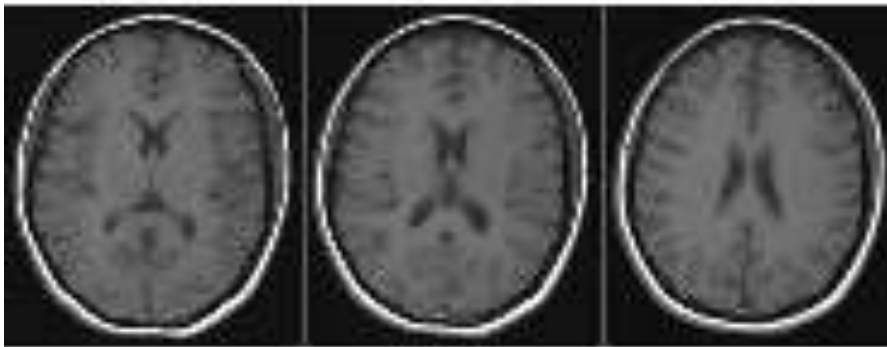


KEPATUHAN MINUM OBAT

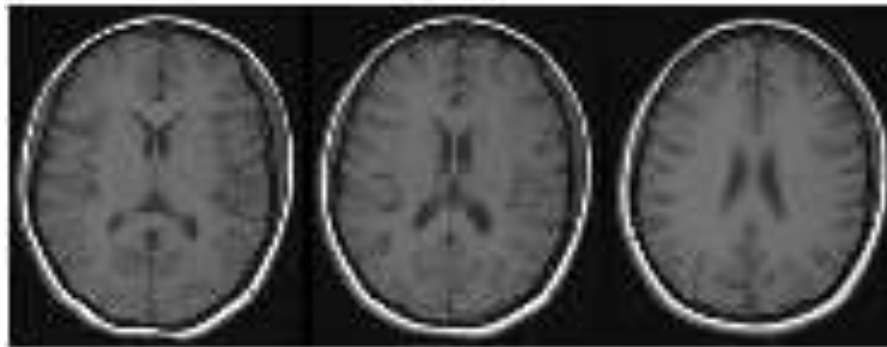
CITRA HASIL PEMERIKSAAN MRI



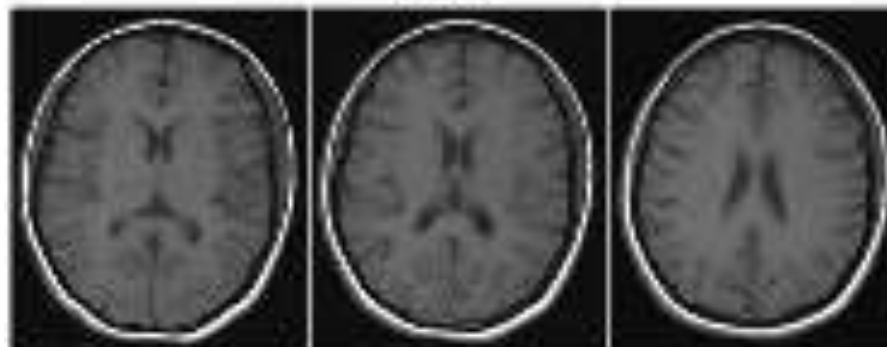
NEX 1



NEX 2



NEX 3



NEX 4

Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 8

Tanggal Pemeriksaan : 10-05-2016

Jenis Kelamin : Perempuan

Usia : 22 Th

Nama Dokter : dr. Faisol Ama,
M.Sc

Gambar Ke	NEX	Hasil ROI							
		White Matter	Grey Matter	CSF	Background				Rata-Rata
					1	2	3	4	
1	1	326.40	264.20	111.20	1.40	1.40	1.50	1.40	1.43
1	2	322.00	259.40	119.00	1.10	1.10	1.40	1.20	1.20
1	3	322.80	265.80	115.60	0.90	1.00	1.20	1.00	1.03
1	4	324.80	259.40	118.60	1.00	0.90	0.60	0.90	0.85
2	1	304.00	232.20	105.80	1.50	1.90	1.20	1.90	1.63
2	2	305.80	236.80	114.60	1.40	1.60	1.40	1.70	1.53
2	3	305.60	227.60	110.60	1.20	1.00	0.80	1.20	1.05
2	4	301.40	228.80	107.80	1.10	1.10	0.70	1.10	1.00
3	1	328.40	258.00	118.80	1.50	1.40	1.50	1.50	1.48
3	2	328.20	248.80	127.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.13
3	3	323.40	255.20	127.00	1.00	1.20	0.90	1.00	1.03
3	4	323.00	255.60	129.80	0.90	1.10	0.70	0.80	0.88

Hasil perhitungan SNR jaringan

Gambar ke	NEX	Hasil SNR		
		White Matter	Grey Matter	CSF
1	1	229.05	185.40	78.04
1	2	268.33	216.17	99.17
1	3	314.93	259.32	112.78
1	4	382.12	305.18	139.53
2	1	187.08	142.89	65.11
2	2	200.52	155.28	75.15
2	3	291.05	216.76	105.33
2	4	301.40	228.80	107.80
3	1	222.64	174.92	80.54
3	2	291.73	221.16	112.89
3	3	315.51	248.98	123.90
3	4	369.14	292.11	148.34

Kualitas citra

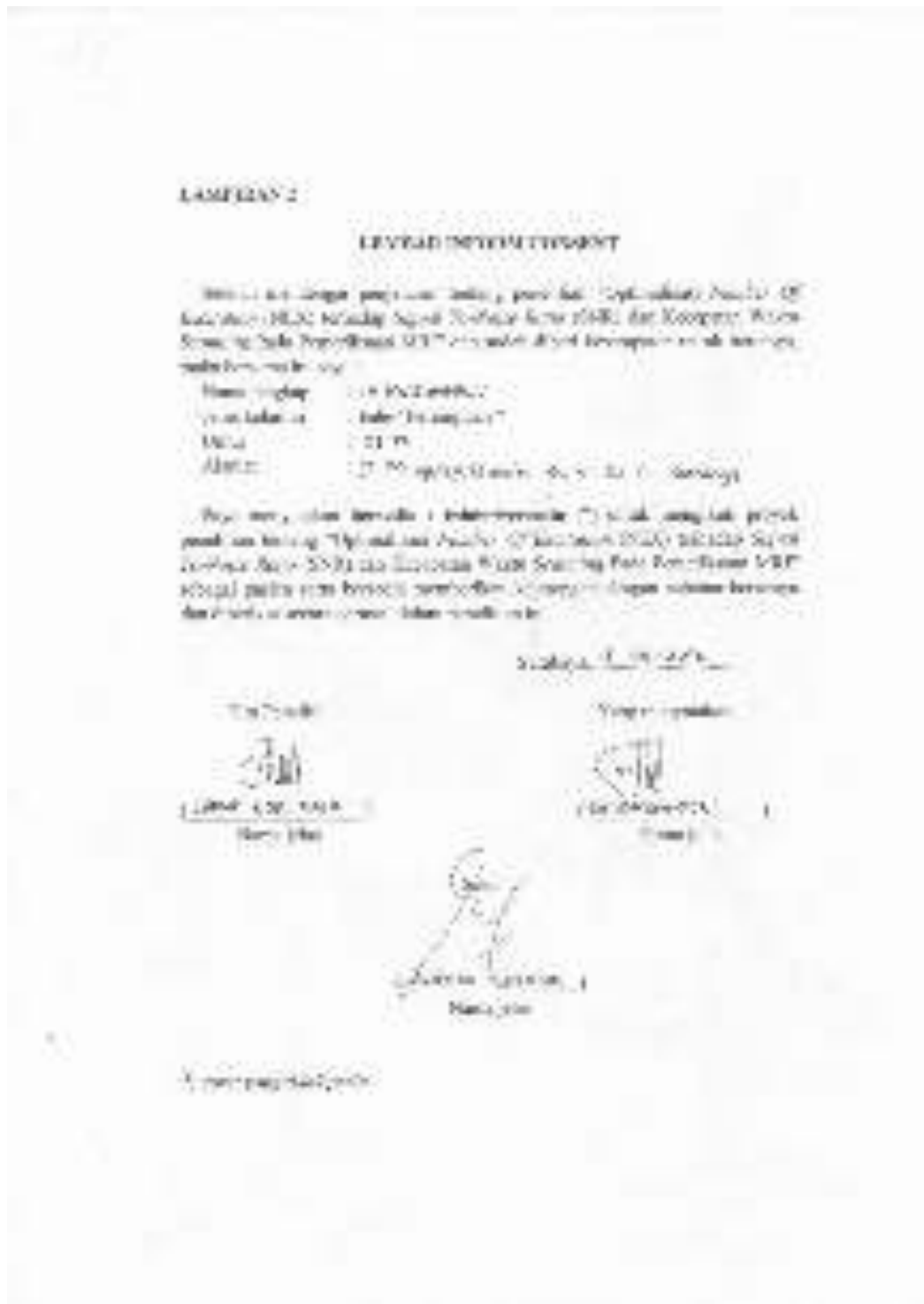
NEX	SNR			Waktu <i>scanning</i>
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	212.92	167.74	74.56	2.01
2	253.53	197.53	95.73	3.59
3	307.16	241.68	114.01	5.57
4	350.89	275.36	131.89	7.56

Prosentase Peningkatan SNR terhadap Perubahan NEX

NEX	Presentase kenaikan SNR			Prosentase Rata-rata
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	-	-	-	-
2	19%	18%	28%	22%
3	44%	44%	53%	47%
4	65%	64%	77%	69%

DATA PEMERIKSAAN MRI PASIEN 9

LEMBAR INFORM CONSENT



CHECK LIST PEMERIKSAAN MRI

1.01. MRS. IGI, 43 tahun, datang dengan keluhan nyeri kepala di bagian belakang kepala terutama bila sedang membaca dan sedang menggunakan komputer. Keluhan timbul sejak 3 bulan yang lalu.

Anamnesis (anamnesis): ...

...
7. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...
8. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...

Hasil pemeriksaan: ...

1. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
2. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
3. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
4. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
5. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
6. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
7. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
8. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
9. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
10. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
11. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
12. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
13. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
14. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
15. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
16. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
17. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
18. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
19. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10
20. Apakah ada keluhan lain yang mengganggu? ...	0/10	0/10

Hasil pemeriksaan: ...

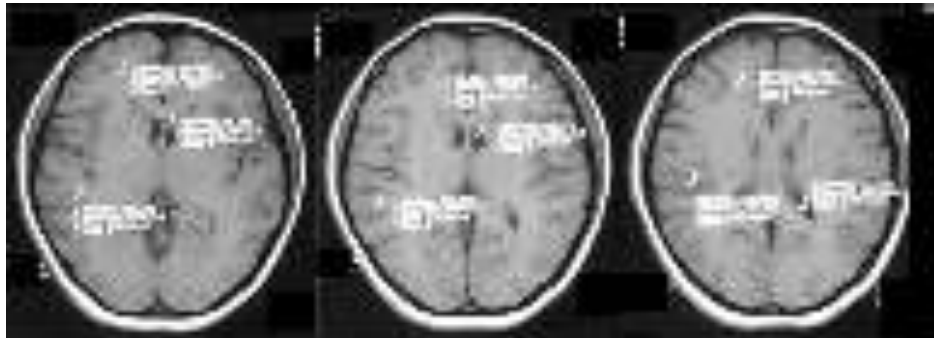
Diagnosis: ...

Tindakan: ...

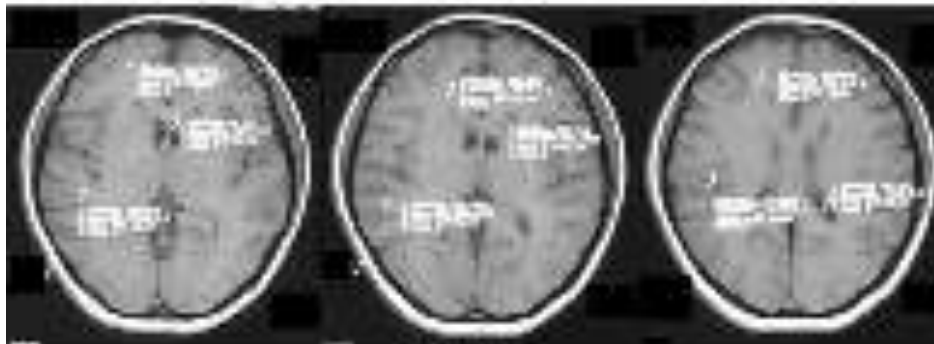
Prognosis: ...

Referensi: ...

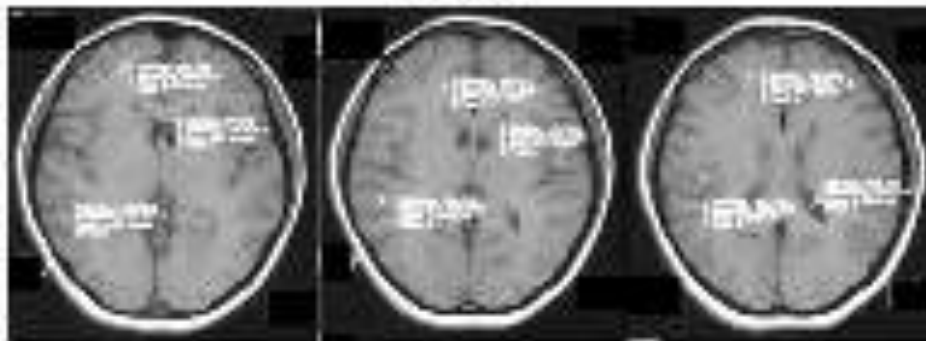
CITRA HASIL PEMERIKSAAN MRI



NEX 1



NEX 2



NEX 3



NEX 4

Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 9

Tanggal Pemeriksaan : 11-05-2016

Jenis Kelamin : Perempuan

Usia : 21 tH

Nama Dokter : DR. Yudha Haryono
Sp.S

Gambar Ke	NEX	Hasil ROI							
		White Matter	Grey Matter	CSF	Background				Rata-Rata
					1	2	3	4	
1	1	294.80	247.40	99.00	1.70	1.70	1.40	1.70	1.63
1	2	290.80	253.60	107.20	1.30	1.20	1.20	1.20	1.23
1	3	288.00	251.20	105.40	1.10	1.10	0.90	0.80	0.98
1	4	288.60	251.80	102.80	0.80	1.10	0.80	0.80	0.88
2	1	308.60	266.60	126.80	1.80	1.50	1.40	1.50	1.55
2	2	307.40	260.40	131.20	1.30	1.30	1.30	1.40	1.33
2	3	311.80	263.20	136.60	1.10	1.00	0.90	0.90	0.98
2	4	314.80	258.40	136.80	1.10	1.00	1.00	1.00	1.03
3	1	295.60	233.30	122.40	1.60	1.70	1.40	1.60	1.58
3	2	290.00	243.30	124.60	1.60	1.50	1.40	1.30	1.45
3	3	292.40	244.30	116.00	1.30	1.30	1.10	1.00	1.18
3	4	293.00	238.00	118.40	1.00	0.90	1.00	0.90	0.95

Hasil perhitungan SNR jaringan

Gambar ke	NEX	Hasil SNR		
		White Matter	Grey Matter	CSF
1	1	181.42	152.25	60.92
1	2	237.39	207.02	87.51
1	3	295.38	257.64	108.10
1	4	329.83	287.77	117.49
2	1	199.10	172.00	81.81
2	2	232.00	196.53	99.02
2	3	319.79	269.95	140.10
2	4	307.12	252.10	133.46
3	1	187.68	148.13	77.71
3	2	200.00	167.79	85.93
3	3	248.85	207.91	98.72
3	4	308.42	250.53	124.63

Kualitas citra

NEX	SNR			Waktu <i>scanning</i>
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	189.40	157.46	73.48	2.01
2	223.13	190.45	90.82	3.59
3	288.01	245.17	115.64	5.57
4	315.12	263.47	125.19	7.56

Prosentase Peningkatan SNR terhadap Perubahan NEX

NEX	Presentase kenaikan SNR			Prosentase Rata-rata
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	-	-	-	-
2	18%	21%	24%	21%
3	52%	56%	57%	55%
4	66%	67%	70%	68%

DATA PEMERIKSAAN MRI PASIEN 10

LEMBAR INFORM CONSENT

LEMBAR INFORM CONSENT

LEMBAR INFORM CONSENT

Sebelum melakukan penelitian, sebagai syarat dari "Tipe. dalam. Nomor. 10
 tahun. 2012. tentang. Penyelenggaraan. Penelitian. dan. Pengabdian. Masyarakat. Untuk
 Penelitian. dan. Pengabdian. Masyarakat. MPT" dan untuk memenuhi persyaratan untuk
 melakukan penelitian:

Nama lengkap :
 NIM :
 Alamat :
 No. HP :

Saya bersedia memberikan data dan informasi (jika) yang diperlukan untuk
 penelitian tentang "Tipe. dalam. Nomor. 10. tahun. 2012. tentang. Penyelenggaraan.
 Penelitian. dan. Pengabdian. Masyarakat. MPT" dan untuk memenuhi persyaratan
 untuk melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat (PKM) dan
 dapat dipublikasikan dalam jurnal.

.....
 (Tanda Tangan) (Nama Jelas)

.....
 (Tanda Tangan) (Nama Jelas)

.....
 (Tanda Tangan) (Nama Jelas)

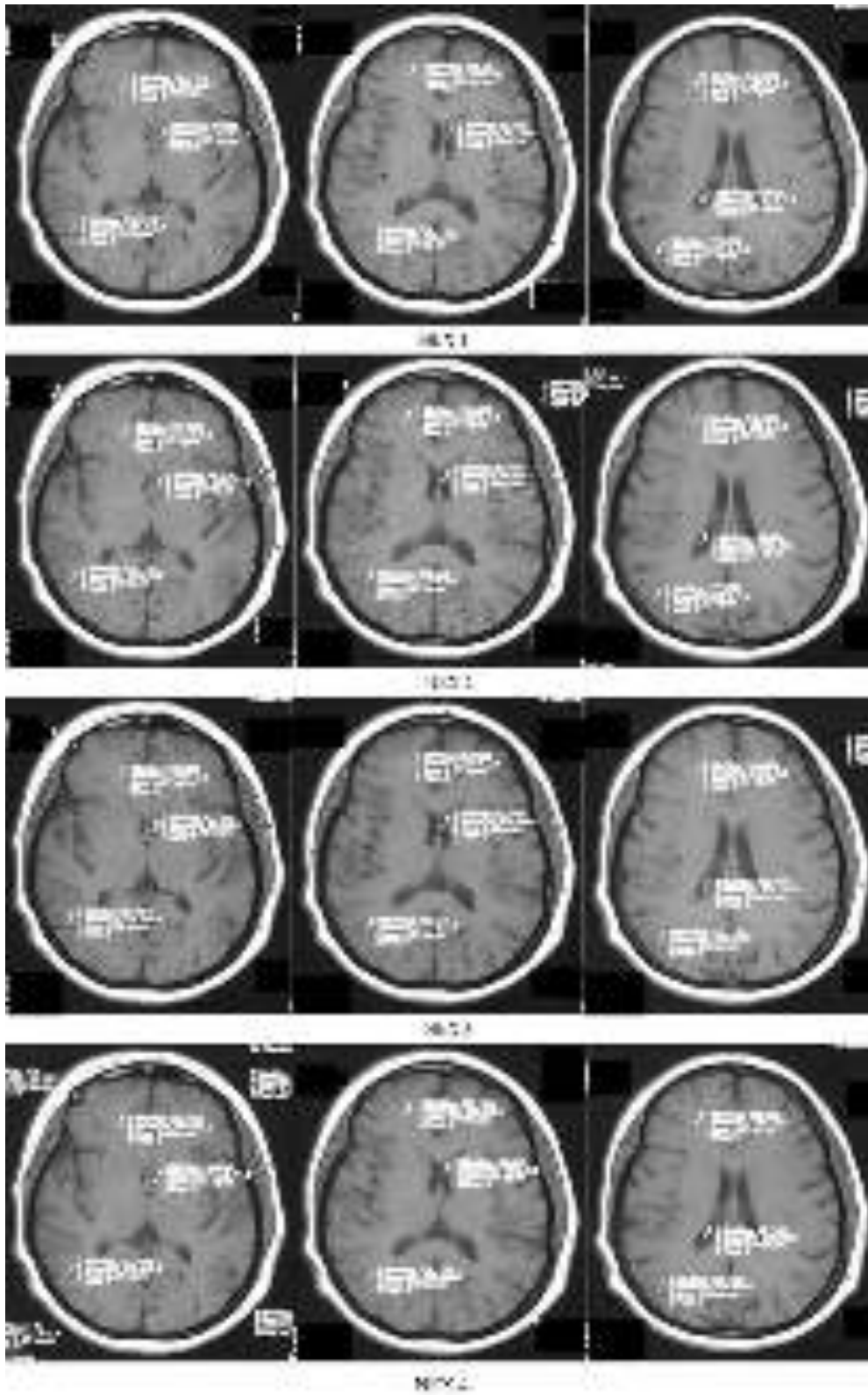
.....
 (Tanda Tangan) (Nama Jelas)

.....
 (Tanda Tangan) (Nama Jelas)

CHECK LIST PEMERIKSAAN MRI



CITRA HASIL PEMERIKSAAN MRI



Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 10

Tanggal Pemeriksaan : 13-05-2016

Jenis Kelamin : Perempuan

Usia : 47 Th

Nama Dokter : dr. Diah Hari Sp.S

Gambar Ke	NEX	Hasil ROI							
		White Matter	Grey Matter	CSF	Background				Rata-Rata
					1	2	3	4	
1	1	247.40	214.40	102.80	1.70	1.60	1.50	1.50	1.58
1	2	247.40	211.80	106.80	1.00	1.50	0.90	1.20	1.15
1	3	248.40	209.20	95.60	1.00	1.00	1.10	0.90	1.00
1	4	244.60	217.40	113.20	0.70	0.90	1.10	0.80	0.88
2	1	259.80	226.40	98.20	1.20	1.40	1.60	1.70	1.48
2	2	259.80	224.00	99.00	1.30	0.80	1.30	1.70	1.28
2	3	255.40	221.60	101.80	0.70	0.90	1.10	1.10	0.95
2	4	262.00	229.00	102.20	1.00	1.00	0.80	1.00	0.95
3	1	250.60	224.00	101.00	1.60	1.10	1.40	1.80	1.48
3	2	253.60	228.80	99.60	1.10	0.80	1.20	1.50	1.15
3	3	249.60	223.60	103.20	1.20	1.00	0.70	1.30	1.05
3	4	250.20	224.80	101.80	0.90	0.70	1.00	1.30	0.98

Hasil perhitungan SNR jaringan

Gambar ke	NEX	Hasil SNR		
		White Matter	Grey Matter	CSF
1	1	157.08	136.13	65.27
1	2	215.13	184.17	92.87
1	3	248.40	209.20	95.60
1	4	279.54	248.46	129.37
2	1	176.14	153.49	66.58
2	2	203.76	175.69	77.65
2	3	268.84	233.26	107.16
2	4	275.79	241.05	107.58
3	1	169.90	151.86	68.47
3	2	220.52	198.96	86.61
3	3	237.71	212.95	98.29
3	4	256.62	230.56	104.41

Kualitas citra

NEX	SNR			Waktu <i>scanning</i>
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	167.70	147.16	66.77	2.01
2	213.14	186.27	85.71	3.59
3	251.65	218.47	100.35	5.57
4	270.65	240.02	113.79	7.56

Prosentase Peningkatan SNR terhadap Perubahan NEX

NEX	Presentase kenaikan SNR			Prosentase Rata-rata
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	-	-	-	-
2	27%	27%	28%	27%
3	50%	48%	50%	50%
4	61%	63%	70%	65%

DATA PEMERIKSAAN MRI PASIEN 11

LEMBAR INFORM CONSENT

UM 48452

LEMBAR INFORM CONSENT

Sebelum melakukan pemeriksaan dengan menggunakan alat MRI, pasien yang akan menjalani pemeriksaan MRI harus memahami bahwa pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan dengan menggunakan gelombang radio dan medan magnet yang kuat.

Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, pasien harus memahami bahwa pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan dengan menggunakan gelombang radio dan medan magnet yang kuat.

Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, pasien harus memahami bahwa pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan dengan menggunakan gelombang radio dan medan magnet yang kuat.

Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, pasien harus memahami bahwa pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan dengan menggunakan gelombang radio dan medan magnet yang kuat.

Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, pasien harus memahami bahwa pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan dengan menggunakan gelombang radio dan medan magnet yang kuat.

Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, pasien harus memahami bahwa pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan dengan menggunakan gelombang radio dan medan magnet yang kuat. Pasien juga harus memahami bahwa pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan dengan menggunakan gelombang radio dan medan magnet yang kuat.

Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, pasien harus memahami bahwa pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan dengan menggunakan gelombang radio dan medan magnet yang kuat.

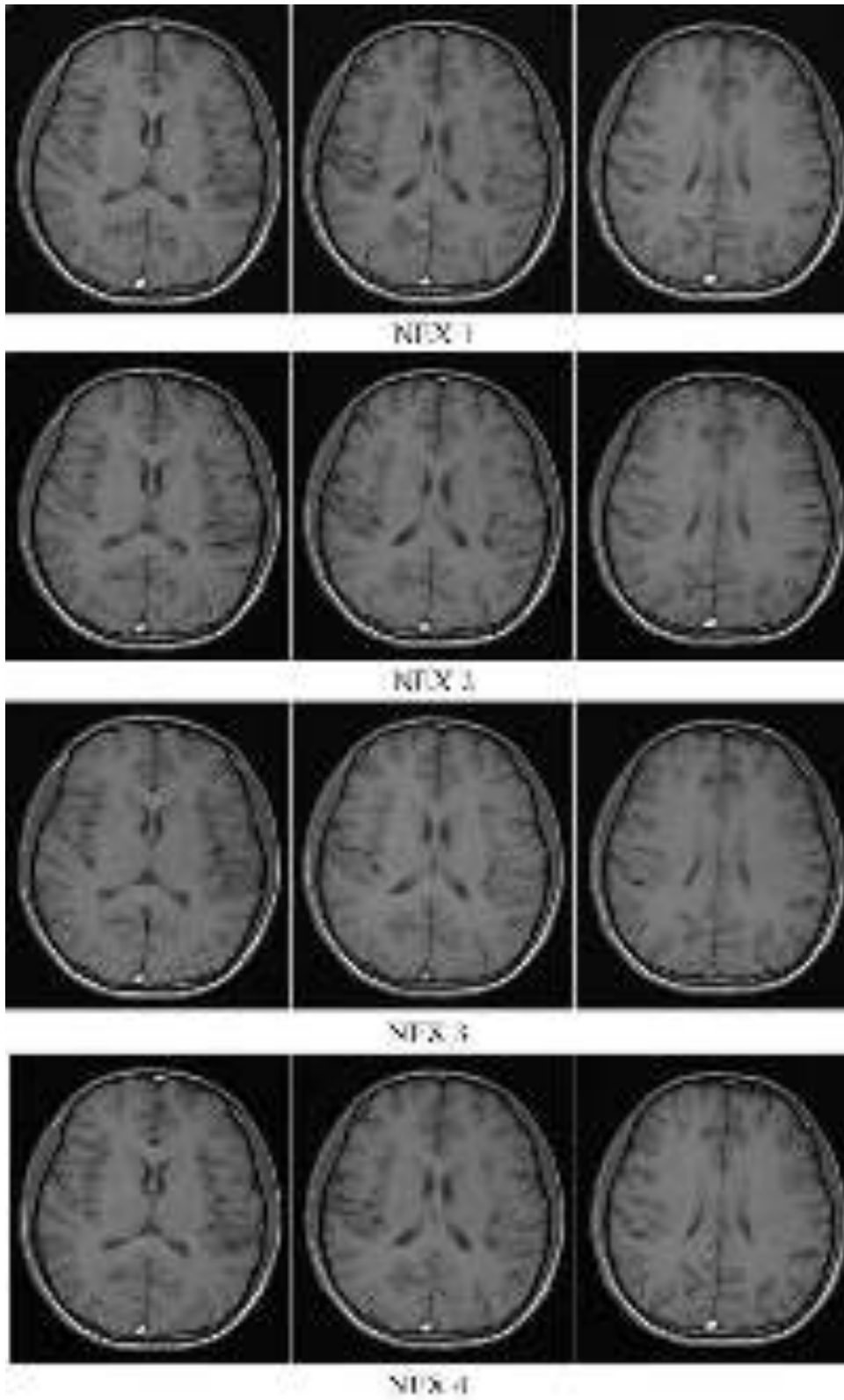
Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, pasien harus memahami bahwa pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan dengan menggunakan gelombang radio dan medan magnet yang kuat.

Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, pasien harus memahami bahwa pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan dengan menggunakan gelombang radio dan medan magnet yang kuat.

Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, pasien harus memahami bahwa pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan dengan menggunakan gelombang radio dan medan magnet yang kuat.

Sebelum melakukan pemeriksaan MRI, pasien harus memahami bahwa pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan dengan menggunakan gelombang radio dan medan magnet yang kuat.

CITRA HASIL PEMERIKSAAN MRI



Pengukuran ROI pada hasil citra pasien 11

Tanggal Pemeriksaan : 13-05-2016

Jenis Kelamin : Laki-laki

Usia : 22 Th

Nama Dokter : dr. Ananda Haris
Sp.BS

Gambar Ke	NEX	Hasil ROI							
		White Matter	Grey Matter	CSF	Background				Rata-Rata
					1	2	3	4	
1	1	375.00	283.00	142.00	2.10	2.50	2.40	2.70	2.43
1	2	374.00	296.20	142.20	1.90	1.60	1.80	2.20	1.88
1	3	353.60	269.80	121.00	1.20	1.30	1.70	1.20	1.35
1	4	372.80	288.00	134.20	1.30	1.00	1.30	1.60	1.30
2	1	359.40	276.60	171.20	2.70	2.50	2.50	2.10	2.45
2	2	354.20	259.80	187.40	1.90	2.00	1.90	2.30	2.03
2	3	369.40	281.00	158.40	1.20	1.20	1.40	1.40	1.30
2	4	350.00	260.80	171.80	1.00	1.50	1.00	1.40	1.23
3	1	369.60	279.20	150.60	2.40	2.30	2.40	2.00	2.28
3	2	365.80	293.20	148.40	1.80	2.20	2.00	2.00	2.00
3	3	344.40	269.00	149.80	1.50	1.40	1.50	1.30	1.43
3	4	374.00	294.80	139.00	1.50	1.10	1.50	1.20	1.33

Hasil perhitungan SNR jaringan

Gambar ke	NEX	Hasil SNR		
		White Matter	Grey Matter	CSF
1	1	154.64	116.70	58.56
1	2	199.47	157.97	75.84
1	3	261.93	199.85	89.63
1	4	286.77	221.54	103.23
2	1	146.69	112.90	69.88
2	2	174.91	128.30	92.54
2	3	284.15	216.15	121.85
2	4	285.71	212.90	140.24
3	1	162.46	122.73	66.20
3	2	182.90	146.60	74.20
3	3	241.68	188.77	105.12
3	4	282.26	222.49	104.91

Kualitas citra

NEX	SNR			Waktu <i>scanning</i>
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	154.60	117.44	64.88	2.01
2	185.76	144.29	80.86	3.59
3	262.59	201.59	105.53	5.57
4	284.92	218.98	116.13	7.56

Prosentase Peningkatan SNR terhadap Perubahan NEX

NEX	Presentase kenaikan SNR			Prosentase Rata-rata
	<i>White matters</i>	<i>Grey matters</i>	CSF	
1	-	-	-	-
2	20%	23%	25%	23%
3	70%	72%	63%	68%
4	84%	86%	79%	83%

LAMPIRAN 7**ANALISIS DATA PASIEN 1**

Hasil Uji Statistika:

Menguji SNR seluruh jaringan

1. Uji Normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov

Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk semua jaringan adalah >0.05 , maka nilai SNR terdistribusi normal

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		White Matters	Grey Matters	Cerebro Spinal Fluid
N		12	12	12
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	231.2142	206.6442	102.0417
	Std. Deviation	69.70059	64.00985	30.12211
	Absolute	.133	.176	.138
Most Extreme Differences	Positive	.133	.176	.138
	Negative	-.119	-.150	-.130
Kolmogorov-Smirnov Z		.461	.611	.479
Asymp. Sig. (2-tailed)		.983	.849	.976

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

2. Uji One Way Anova

Dimulai dengan uji descriptives untuk mengetahui nilai mean data dan standard deviasinya

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
WM	3	152.5733	6.90109	3.98435	135.4301	169.7166	144.72	157.67
	3	204.1800	24.62491	14.21720	143.0083	265.3517	182.63	231.02
	3	256.8233	46.13326	26.63505	142.2220	371.4247	223.02	309.38
	3	311.2800	54.45428	31.43919	176.0081	446.5519	251.92	358.92

GM	12	231.2142	69.70059	20.12083	186.9285	275.4998	144.72	358.92
	3	134.0233	7.26645	4.19528	115.9725	152.0742	125.66	138.79
	3	183.1833	25.28314	14.59723	120.3765	245.9901	161.49	210.95
	3	233.9300	48.38226	27.93351	113.7418	354.1182	196.49	288.56
	3	275.4400	50.49443	29.15297	150.0049	400.8751	218.51	314.81
CSF	12	206.6442	64.00985	18.47805	165.9742	247.3141	125.66	314.81
	3	67.0833	11.84597	6.83927	37.6563	96.5104	58.23	80.54
	3	88.2800	8.83672	5.10189	66.3284	110.2316	82.09	98.40
	3	115.3167	17.49053	10.09816	71.8678	158.7655	96.59	131.23
	3	137.4867	14.14154	8.16462	102.3571	172.6162	127.00	153.57
	12	102.0417	30.12211	8.69551	82.9030	121.1803	58.23	153.57

Rangkaian uji One way ANOVA selanjutnya adalah uji Homogenitas. Nilai signifikansi nilai SNR dari hasil uji homogenitas untuk semua jaringan adalah >0.05 , maka seluruh data varian homogeny

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
White Matters	2.908	3	8	.101
Grey Matters	3.290	3	8	.079
Cerebro Spinal Fluid	.559	3	8	.657

Puncaknya adalah uji ANOVA dimana nilai signifikansi dari hasil uji ANOVA untuk semua jaringan adalah <0.05 , maka antar setiap variasi NEX menunjukkan bahwa minimum ada satu pasang variasi atau lebih yang menunjukkan perbedaan bermakna

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
White Matters	Between Groups	41944.782	3	13981.594	9.730	.005
	Within Groups	11495.116	8	1436.889		
	Total	53439.898	11			
Grey Matters	Between Groups	33904.739	3	11301.580	8.098	.008
	Within Groups	11165.138	8	1395.642		
	Total	45069.877	11			
Cerebro Spinal Fluid	Between Groups	8532.127	3	2844.042	15.706	.001
	Within Groups	1448.633	8	181.079		
	Total	9980.760	11			

Untuk mengetahui pasangan variasi NEX yang menunjukkan perbedaan bermakna dilakukan uji Post Hoc. Untuk jaringan *white matters* pasangan variasi NEX yang berbeda bermakna adalah NEX 1 dengan 3, NEX 1 dengan 4 dan NEX 2 dengan 4. Untuk jaringan *grey matters* pasangan variasi NEX yang berbeda bermakna adalah NEX 1 dengan 3 dan NEX 1 dengan 4. Untuk jaringan *cerebrospinal fluid* pasangan variasi NEX yang berbeda bermakna adalah NEX 1 dengan 3, NEX 1 dengan 4 dan NEX 2 dengan 4. Sedangkan pasangan yang lain menunjukkan perbedaan tetapi tidak bermakna atau tidak signifikan.

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) Variasi	(J) Variasi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
WM	1	2	-51.60667	30.95038	.398	-150.7207	47.5074
		3	-104.25000*	30.95038	.040	-203.3640	-5.1360
		4	-158.70667*	30.95038	.004	-257.8207	-59.5926
	2	1	51.60667	30.95038	.398	-47.5074	150.7207
		3	-52.64333	30.95038	.383	-151.7574	46.4707
		4	-107.10000*	30.95038	.035	-206.2140	-7.9860
	3	1	104.25000*	30.95038	.040	5.1360	203.3640
		2	52.64333	30.95038	.383	-46.4707	151.7574
		4	-54.45667	30.95038	.357	-153.5707	44.6574
	4	1	158.70667*	30.95038	.004	59.5926	257.8207
		2	107.10000*	30.95038	.035	7.9860	206.2140
		3	54.45667	30.95038	.357	-44.6574	153.5707
GM	1	2	-49.16000	30.50292	.424	-146.8411	48.5211
		3	-99.90667*	30.50292	.045	-197.5878	-2.2256
		4	-141.41667*	30.50292	.007	-239.0978	-43.7356
	2	1	49.16000	30.50292	.424	-48.5211	146.8411
		3	-50.74667	30.50292	.400	-148.4278	46.9344
		4	-92.25667	30.50292	.064	-189.9378	5.4244
	3	1	99.90667*	30.50292	.045	2.2256	197.5878
		2	50.74667	30.50292	.400	-46.9344	148.4278
		4	-41.51000	30.50292	.554	-139.1911	56.1711
	4	1	141.41667*	30.50292	.007	43.7356	239.0978
		2	92.25667	30.50292	.064	-5.4244	189.9378
		3	41.51000	30.50292	.554	-56.1711	139.1911
CSF	1	2	-21.19667	10.98724	.289	-56.3817	13.9883
		3	-48.23333*	10.98724	.010	-83.4183	-13.0483
		4	-70.40333*	10.98724	.001	-105.5883	-35.2183
	2	1	21.19667	10.98724	.289	-13.9883	56.3817
		3	-27.03667	10.98724	.142	-62.2217	8.1483
		4	-49.20667*	10.98724	.009	-84.3917	-14.0217
3	1	48.23333*	10.98724	.010	13.0483	83.4183	
	2	27.03667	10.98724	.142	-8.1483	62.2217	

	4	-22.17000	10.98724	.258	-57.3550	13.0150
	1	70.40333*	10.98724	.001	35.2183	105.5883
4	2	49.20667*	10.98724	.009	14.0217	84.3917
	3	22.17000	10.98724	.258	-13.0150	57.3550

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

White Matters

Tukey HSD

Kelompok	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1	3	152.5733		
2	3	204.1800	204.1800	
3	3		256.8233	256.8233
4	3			311.2800
Sig.		.398	.383	.357

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Grey Matters

Tukey HSD

Kelompok	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	134.0233	
2	3	183.1833	183.1833
3	3		233.9300
4	3		275.4400
Sig.		.424	.064

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Cerebro Spinal Fluid

Tukey HSD

Kelompok	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
1	3	67.0833		
2	3	88.2800	88.2800	
3	3		115.3167	115.3167
4	3			137.4867
Sig.		.289	.142	.258

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

3. Uji korelasi *Pearson* pada interval kepercayaan 95% menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan (nilai $p < 0,05$) antara NEX dengan SNR.

		Correlations			
		White Matters	Grey Matters	Cerebro Spinal Fluid	Variasi
White Matters	Pearson Correlation	1	.997**	.739**	.886**
	Sig. (2-tailed)		.000	.006	.000
	N	12	12	12	12
Grey Matters	Pearson Correlation	.997**	1	.711**	.867**
	Sig. (2-tailed)	.000		.010	.000
	N	12	12	12	12
Cerebro Spinal Fluid	Pearson Correlation	.739**	.711**	1	.924**
	Sig. (2-tailed)	.006	.010		.000
	N	12	12	12	12
Variasi	Pearson Correlation	.886**	.867**	.924**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	
	N	12	12	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Menguji waktu *scanning* seluruh jaringan

1. Uji Normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov

Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk semua jaringan adalah >0.05 , maka nilai SNR terdistribusi normal

		Waktu Scanning
N		4
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	4.6825
	Std. Deviation	2.40856
	Absolute	.175
Most Extreme Differences	Positive	.175
	Negative	-.144
Kolmogorov-Smirnov Z		.350
Asymp. Sig. (2-tailed)		1.000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

2. Uji korelasi *Pearson* pada interval kepercayaan 95% menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan (nilai $p < 0,05$) antara NEX dengan waktu *scanning*.

		Variasi	Waktu Scanning
Variasi	Pearson Correlation	1	.999**
	Sig. (2-tailed)		.001
	N	4	4
Waktu Scanning	Pearson Correlation	.999**	1
	Sig. (2-tailed)	.001	
	N	4	4

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).