



# **EFEK PEMAKAIAN KONTRAS UNTUK OPTIMALISASI CITRA PADA PEMERIKSAAN DIAGNOSTIK MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)**

**Agus Wahyu Jatmiko<sup>1</sup>, Chendra Arum Wandani<sup>2\*</sup>, Linda Wahyu Istigfarisky<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instalasi Eadiologi RSUD Saiful Anwar Malang, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

Surabaya, Indonesia 60115

e-mail: <sup>1</sup>[koko\\_awj@yahoo.co.id](mailto:koko_awj@yahoo.co.id), <sup>2\*</sup>[chen.arum.wandani-2017@fst.unair.ac.id](mailto:chen.arum.wandani-2017@fst.unair.ac.id),

<sup>2</sup>[linda.wahyu.istigfarisky-2017@fst.unair.ac.id](mailto:linda.wahyu.istigfarisky-2017@fst.unair.ac.id)

## ***Abstrak***

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan suatu alat diagnostik mutakhir untuk memeriksa dan mendeteksi tubuh anda dengan menggunakan medan magnet yang besar dan gelombang frekuensi radio, tanpa menggunakan sinar X, ataupun bahan radioaktif sehingga MRI sangat aman. Pemberian Kontras dalam pemeriksaan MRI diperlukan untuk emmerikan gambaran hasil dari pemeriksaan yang lebih jelas, sehingga mempermudah dilakukannya diagnostic terhadap pasien. Kontras digunakan sebagai perbandingan antara T1 (anatomi) dan T2 (patologi) yang selanjutnya dapat digunakan sebagai penentu apakah pasien tersebut memiliki kelainan (struktur abnormal). Kontras akan segera meningkat setelah di injeksi tergantung pada urutan pulsa dan protokol yang digunakan. Biasanya dapat di amati pada waktu maksimal 5 menit tergantung pada jenis lesi/jaringan.

***Kata kunci***—MRI, Kontras, T1, T2, health service



**ABSTRACT**

Magnetic resonance imaging (mri) is a state-of-the-art diagnostic tool to examine and detect your body using a large magnetic field and radio frequency waves, without the use of x-rays or radioactive materials so that mri is very safe. giving contrast in mri examination is needed to provide a clearer picture of the results of the examination, making it easier to carry out diagnostics for patients. Contrast is used as a comparison between t1 (anatomy) and t2 (pathology) which can then be used to determine whether the patient has an abnormality (structural abnormality). contrast will increase immediately after injection depending on the pulse sequence and the protocol used. Usually observable in a maximum of 5 minutes depending on the type of lesion/tissue.

**Keyword:** mri, contrast, t1, t2, health service



## PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi saat ini, terutama pada bidang kesehatan telah memberikan banyak manfaat kepada masyarakat sekitar dan memberikan kemudahan bagi para praktisi kesehatan untuk mendiagnosa penyakit serta menentukan jenis pengobatan bagi pasien. Salah satu bentuk kemajuan tersebut adalah penggunaan alat MRI (Magnetic Resonance Imaging) untuk melakukan pencitraan diagnosa penyakit pasien untuk meningkatkan pelayanan kesehatan pada masyarakat.

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan suatu alat diagnostik mutakhir untuk memeriksa dan mendeteksi tubuh anda dengan menggunakan medan magnet yang besar dan gelombang frekuensi radio, tanpa menggunakan sinar X, ataupun bahan radioaktif sehingga MRI sangat aman di gunakan pada berbagai kalangan termasuk balita namun tida disarankan untuk wanita yang hamil muda.

MRI menciptakan gambar yang dapat menunjukkan perbedaan sangat jelas dan lebih sensitif untuk menilai anatomi jaringan lunak dalam tubuh dibandingkan dengan pemeriksaan menggunakan X-ray maupun CT scan. Organ yang dapat di foto menggunakan MRI terutama otak, sumsum tulang belakang, susunan saraf (Muzamil et al, 2018). Juga jaringan lunak dalam susunan musculoskeletal seperti otot, ligament, tendon, tulang rawan, ruang sendi seperti misalnya pada cedera lutut maupun cedera

sendi bahu. Pemeriksaan lain yang dapat dilakukan dengan MRI yaitu evaluasi anatomi dan kelainan dalam rongga dada, payudara , organ organ dalam perut,

Pencitraan resonansi magnetik (MRI) ditemukan pada tahun 1970, oleh Paul C Lauterbur dan Stony Brook di New York. MRI menggunakan frekuensi radio (RF) dan gradien medan magnet spasial untuk menghasilkan gambar yang menampilkan sifat magnetik proton, yang mencerminkan informasi yang relevan secara klinis. Pada dasarnya, ini adalah teknik resonansi magnetik nuklir (NMR) yang diterapkan untuk pencitraan manusia. Pada tahun 2003 mendapatkan Hadiah Nobel dalam bidang kedokteran dianugerahi untuk penemuan di atas, yang dibagikan oleh Sir Peter Mansfield, dan Paul C Lauterbur.

Nuclear magnetic resonance (NMR) adalah studi spektroskopi dari sifat magnetik inti atom (1940). Proton dan neutron dari nukleus memiliki medan magnet yang terkait dengan spin nuklir dan distribusi muatannya (Muzamil et al, 2021). Resonansi adalah penggabungan energi yang menyebabkan inti individu, ketika ditempatkan dalam medan magnet luar yang kuat, menyerap secara selektif, dan kemudian melepaskan, energi yang unik untuk inti tersebut dan lingkungannya.

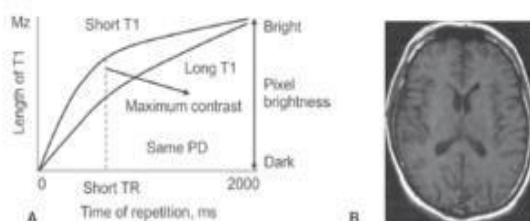
### **Kontras Gambar (image contrast)**

Gambar MR terdiri dari tiga sifat jaringan, yaitu, PD , T1, dan T2. Sedangkan TE, TR adalah parameter mesin, yang menimbang kontras dalam gambar.

Kecerahan piksel tergantung pada (i) kerapatan proton, (ii) pemulihan  $M_z$  (panjang  $T_1$ , dibandingkan dengan  $TR$ ), dan (iii) peluruhan  $M_{xy}$ , (panjang  $T_2$ , dibandingkan dengan  $TE$ ). Pemilihan  $TR$  dan  $TE$  sangat penting, sehingga kecerahan gambar tergantung pada salah satu dari parameter jaringan  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $PD$ . Gambar dapat diperoleh sebagai gambar berbobot  $T_1$ , atau gambar berbobot  $T_2$  dan atau gambar berbobot kerapatan proton.

### T1 Weighted Image

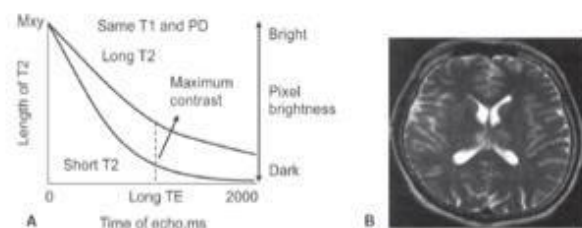
Gambar  $T_1$  weighted menghasilkan kontras berdasarkan karakteristik jaringan  $T_1$  dengan menghilangkan  $T_2$ . Ini mempekerjakan  $TR$  pendek, (300-800 ms) untuk memaksimalkan kontras dan  $TE$  pendek, (15 ms) untuk meminimalkan ketergantungan  $T_2$ . Kontras gambar disebabkan oleh properti pemulihan  $T_1$  dan lebih pendek  $T_1$ , lebih terang gambar. Di otak, jaringan otak, lemak, materi putih, materi abu-abu, dan CSF dibedakan dengan baik dalam gambar  $T_1$  tertimbang (Gambar 1). Lemak paling pekat dan tampak putih, tetapi sinyal CSF terendah dan tampak hitam



Gambar 1. A.  $T_1$  pada berbagai  $TR$ , maksimum kontras pada  $TR$  pendek dan  $PD$  konstan, B. Gambar Otak,  $TR=500$  ms,  $TE=8$ ms

### T2 Weighted Image

Gambar  $T_2$  weighted menghasilkan kontras berdasarkan karakteristik jaringan  $T_2$ , dengan menekankan  $T_1$ . Ini mempekerjakan  $TR$  panjang (1000-2000 ms) untuk mengurangi kontras  $T_1$  dan  $TE$  panjang (90–140 ms), untuk memaksimalkan kontras  $T_2$ . Kontras gambar disebabkan oleh properti pemulihan  $T_2$ , dan lebih lama  $T_2$ , lebih terang sinyalnya. Dalam citra otak  $T_2$  yang tertimbang, CSF lebih terang daripada Lemak (Gambar 2).

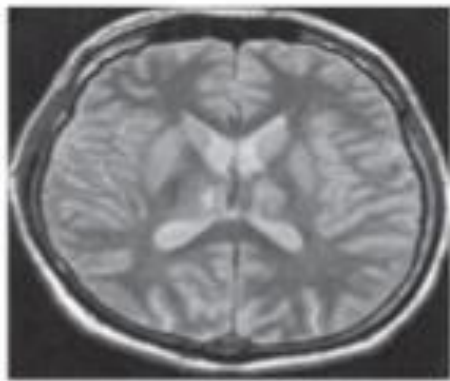


Gambar 1. A.  $T_2$  pada berbagai  $TE$ ,  $TR$  memberi maksimum kontras pada  $TR$  dan  $PD$  konstan, B. Gambar Otak,  $TR=2400$  ms,  $TE=90$ ms

Proton Density Weighted Image Bobot kerapatan spin terutama bergantung pada perbedaan jumlah proton per cc. Semakin besar kepadatan putaran, semakin besar magnetisasi longitudinal (mis. Lipid, lemak). Ini mempekerjakan  $TR$  panjang (1000-3000 ms), untuk meminimalkan kontras  $T_1$  dan  $TE$  pendek (15 ms), untuk meminimalkan efek  $T_2$ . Kekuatan sinyal lebih besar dengan lebih sedikit noise. Semakin tinggi  $PD$ , semakin cerah gambarnya, dan karenanya CSF tampak putih, tetapi materi putih



tampak hitam (Muzamil et al, 2021). Meskipun rasio sinyal terhadap noise (SNR) lebih tinggi, kontras gambarnya buruk (Gambar 3).



Gambar 3. Gambar otak pada TR=2400 ms dan TE=30 ms

### METODE PENELITIAN

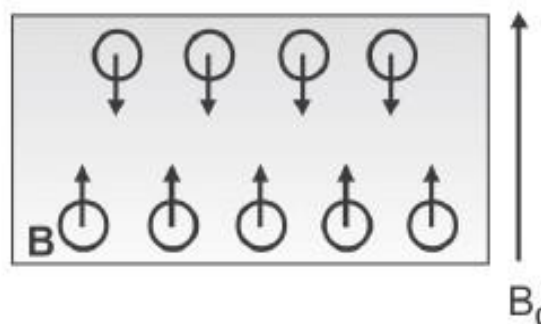
Penelitian ini menggunakan dua metode, yaitu: Observasi Langsung dan Wawancara. Dalam metode observasi langsung dilakukan dengan cara mengikuti langsung praktik kegiatan pemeriksaan MRI pada ruangan MRI yang ada di RSUD Dr Saiful Anwar Malang. Sedangkan metode wawancara dilakukan dengan cara mendiskusikan dan menanyakan langsung kepada fisika medis yang bekerja di RSUD Dr Saiful Anwar mengenai prinsip kerja serta pemberian kontras pada MRI.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

MRI (Magnetic Resonance Imaging) adalah sebuah alat diagnostic imaging tinggi yang menggunakan medan magnet, frekuensi radio tertentu dan seperangkat computer untuk menghasilkan gambar potongan-

potongan penampang tubuh manusia. Gambar diperoleh dari hasil interaksi antara molekul sel tubuh dan signal yang dipancarkan oleh frekuensi radio sedemikian rupa sehingga menghasilkan data yang dapat diolah computer menjadi imaging (gambar) yang kemudian dicetak dalam bentuk foto. Tubuh manusia memiliki 70% air dan hydrogen berlimpah. Inti hydrogen terdiri dari proton dan neutron. Mereka berputar terus menerus seperti gasing. Putaran dan distribusi muatannya memberikan sifat magnetis, sehingga proton saling meniadakan maka medan magnetnya bernilai 0 (Astuti et al, 2017).

Proses terbentuknya citra MRI dapat digambarkan sebagai berikut: Bila tubuh pasien diposisikan dalam medan magnet yang kuat, inti-inti hidrogen tubuh akan searah dan berotasi mengelilingi arah/vektor medan magnet (Gambar 4).



Gambar 4. posisi inti hydrogen ketika terkena magnet

Bila signal frekuensi radio dipancarkan melalui tubuh (proses presesi), beberapa inti hidrogen akan



menyerap energi dari frekuensi radio tersebut dan mengubah arah, atau dengan kata lain mengadakan resonansi. Bila signal frekuensi radio dihentikan pancarannya, inti-inti tersebut akan kembali pada posisi semula, melepaskan energi yang telah diserap dan menimbulkan signal yang ditangkap oleh antenna dan kemudian diproses computer dalam bentuk radiograf. Jadi dari awalnya energi yang didapat dari RF, dan RF di stop, kemudian dilemparkan lagi saat proses relaksasi, dilepas dan ditangkap oleh antenna koil yang terpasang pada pasien dan diproses dengan gradient koil menggunakan Transformasi Fourier hingga menjadi sebuah gambar pada komputer.

Instrumen MRI meliputi, Magnet utama merupakan magnet yang menghasilkan medan magnet yang paling besar pada mesin MRI. Magnet utama dipakai untuk membangkitkan medan magnet berkekuatan besar yang mampu menginduksi jaringan tubuh sehingga menimbulkan magnetisasi. Besar medan magnet tersebut sesuai dengan rentang medan magnet yang digunakan untuk diagnosis yaitu antara 0,1 – 3,0 Tesla. Apabila nilai medan magnet (B) besar maka energi yang dihasilkan juga akan besar. Sehingga sinyal yang ditangkap oleh gradien koil

semakin baik dan menghasilkan gambar yang jelas. Pesawat MRI yang digunakan dalam penelitian ini adalah magnet superkonduktif dengan merk philips dengan kekuatan medan magnet 3.0 T dan 1.5 T sehingga hasil gambar dari MRI 3.0 T resolusinya lebih baik daripada hasil gambar dari MRI 1.5 T.

Magnet tersebut juga dililiti kawat tembaga dan dialiri arus listrik. Penggunaan Cyrogen berupa Helium cair yang terdapat dalam pesawat MRI digunakan untuk menjaga sifat kemagjaringan. Hal ini karena Helium bersuhu  $\pm - 200^{\circ}\text{C}$ , dan untuk menjaga sifat kemagnetan dibutuhkan suhu yang dingin. Penggunaan Cryogen dapat membuat resistensi pada kawat menjadi nol, sehingga arus dapat dinaikkan dan akan menghasilkan medan magnet yang tinggi. Tetapi, ketika suhu Cyrogen naik hingga titik didih Helium secara bersamaan, maka keduanya akan menguap menjadi gas. Proses tersebut dinamakan “quenching”. Proses ini berbahaya bagi medan magnet. Keuntungan lain dari magnet superkonduktor adalah homogenitas medan magnet yang tinggi (Blink, 2004).

Kualitas gambar MRI tergantung pada rasio sinyal terhadap noise (SNR) dari sinyal yang diperoleh dari pasien. Beberapa kumparan pencitraan MR



diperlukan untuk menangani keragaman aplikasi. Kumaran besar memiliki bidang pengukuran besar, tetapi intensitas sinyal rendah dan sebaliknya (lihat juga diameter kumaran ). Semakin dekat koil ke objek, semakin kuat sinyal - semakin kecil volumenya, semakin tinggi SNR .

SNR sangat penting dalam memperoleh gambar tubuh manusia yang jelas. Bentuk koil tergantung pada pengambilan sampel gambar. Homogenitas terbaik yang tersedia dapat dicapai dengan memilih jenis kumaran yang sesuai dan posisi kumaran yang benar. Orientasi sangat penting untuk sensitivitas kumaran RF dan oleh karena itu kumaran harus tegak lurus terhadap medan magnet statis. Sinyal RF berada dalam kisaran 10 hingga 100 MHz. Selama serangkaian pengukuran citra klinis, seluruh spektrum frekuensi yang diminati adalah orde 10 kHz, yang merupakan pita yang sangat sempit, mengingat frekuensi pusat sekitar 100 MHz. Ini memungkinkan penggunaan teknik pencocokan frekuensi tunggal untuk gulungan karena lebar pita bawaannya selalu melebihi lebar pita gambar. Solenoid multi belok , koil sangkar burung , solenoid belok tunggal , dan koil sadel. Dua jenis pulsa RF digunakan dalam MRI, yaitu, pulsa RF

180° dan pulsa RF 90°. Pulsa RF 180° memiliki energi total, sehingga memberikan energi yang diperlukan untuk setiap proton, yang memiringkannya 180°, yaitu membalikkan vektor magnet ke arah Mz. Pulsa RF 90° adalah pulsa yang memiliki energi sama dengan setengah dari total energi, yang memiringkan setengah dari dipol. Dengan demikian, penerapan pulsa RF 90° akan membawa jumlah proton yang sama dalam posisi putaran ke atas dan ke bawah. Mz direduksi menjadi nol dan koherensi fasa dipol menghasilkan magnet transversal, Mxy yang sama dengan memiringkan Mz ke 90°.

Kekuatan medan magnet menentukan frekuensi resonansi jaringan. Frekuensi meningkat atau menurun secara linear dengan peningkatan atau penurunan kekuatan medan magnet. Kisaran kekuatan medan magnet khas untuk pencitraan adalah 0,1 hingga 4,0 T. Dalam kasus hidrogen, frekuensi prosesi proton adalah 21.29, 42.58, 63.87 dan 127.74 MHz, masing-masing untuk kekuatan medan magnet 0.5 T, 1.0 T, 1.5 T, dan 3 T. Saat pulsa RF 90° ditarik, sistem yang terganggu kembali ke keadaan setimbang. Vektor transversal terus berputar di bidang Mxy, dan menginduksi tegangan AC di koil



penerima. Ini adalah sinyal MR yang disebut peluruhan induksi bebas (FID). Sinyal ini juga merupakan RF yang memiliki tegangan sesuai urutan mV. Sinyal MR lebih besar ketika 90 ° RF dimatikan. Setelah itu, masing-masing putaran keluar dari fase, dan kembali ke orientasi aslinya. Akibatnya, Mz tumbuh dan Mxy berkurang. Oleh karena itu, sinyal MR yang diinduksi mengalami peluruhan, tetapi frekuensinya tetap sama. Dengan demikian, sinyal MR dari masing-masing voxel dapat diidentifikasi untuk menghasilkan nuansa abu-abu pada gambar akhir. Sinyal yang dihasilkan oleh pulsa 90 derajat tergantung pada Mz segera sebelum pulsa diterapkan. Sinyal sebanding dengan (i) kerapatan proton ( $p/mm^3$ ), (ii) rasio gyromagnetik inti,

(iii) kekuatan medan magnet ( $B_0$ ). Hanya proton seluler yang memberikan sinyal MR, dan sebagian besar sinyal disebabkan oleh air (Zuhriyah et al, 2020). Molekul besar atau molekul terikat (tulang) tidak memberi sinyal. Udara di sinus tidak memiliki hidrogen, karenanya tampak hitam. Kepadatan proton lebih tinggi dalam lemak daripada jaringan lunak, lebih tinggi pada materi abu-abu daripada materi putih.

Fungsi dari kontras ini adalah untuk meningkatkan ketepatan gambar. Pada MRI menggunakan dua obat kontras yaitu gadovist dan nomniscan. Produk obat ini hanya untuk penggunaan diagnostik yang diberikan secara injeksi. Adapun Dosis kontras yang di berikan harus dihitung berdasarkan berat badan pasien, dan tidak boleh melebihi dosis yang dianjurkan per kilogram berat badan. Dosis yang diberikan yaitu

$$\text{Dosis} = 0,2 \times \text{Berat Badan (Satuan:cc)}$$

Kontras digunakan sebagai perbandingan antara T1 (anatomi) dan T2 (patologi) yang selanjutnya dapat digunakan sebagai penentu apakah pasien tersebut memiliki kelainan (struktur abnormal). Kontras akan segera meningkat setelah di injeksi tergantung pada urutan pulsa dan protokol yang di gunakan. Biasanya dapat di amati pada waktu maksimal 5 menit tergantung pada jenis lesi/jaringan





Tabel 1. Variasi waktu T1 dengan kekuatan medan magnet, untuk berbagai jaringan biologis.

| Jaringan             | T1, 0.5 Tesla | T1, 1.5 Tesla |
|----------------------|---------------|---------------|
| Lemak                | 210 s         | 260 s         |
| Hati                 | 350 s         | 500 s         |
| Otot                 | 550 s         | 870 s         |
| Materi Putih         | 500 s         | 780 s         |
| Materi Abu-Abu       | 650 s         | 900 s         |
| Cairan serebrospinal | 1800 s        | 2400 s        |

**Gadovist:** memiliki kepekaan 1 mmol/ml. Gadovist di indikasikan pada orang dewasa dan anak-anak dari segala usia untuk Peningkatan kontras dalam pencitraan resonansi magnetik (MRI). Instruksi untuk penggunaan Gadovist yaitu Produk ini ditujukan untuk sekali pakai (Sumbat karet tidak boleh ditembus lebih dari satu kali), Produk obat ini harus diperiksa secara visual sebelum digunakan.

**Omniscan:** memiliki kepekaan 0,5 mmol/ml. Omniscan harus segera disimpan di tempat yang aman sebelum digunakan. Satu Botol hanya ditujukan untuk satu pasien atau di tujuan untuk sekali pakai saja. Omniscan di indikasikan pada orang dewasa dan anak-anak dari usia 6 bulan. Dosis total maksimum tidak boleh lebih dari 20 ml.

MRI yang ditingkatkan kontras harus dimulai segera setelah pemberian media kontras, tergantung pada urutan nadi yang digunakan dan protokol untuk pemeriksaan. Peningkatan optimal diamati dalam menit-menit pertama setelah injeksi (waktu tergantung pada jenis lesi/jaringan). Peningkatan umumnya berlangsung hingga 45 menit setelah injeksi medium kontras.

Di RSUD Dr. Saiful Anwar Malang, menggunakan media kontras **Gadovist** karena terbukti paling aman digunakan dari pada jenis obat kontras yang lain.

#### Efek pemberian kontras

Jika pemberian kontras terlalu banyak maka akan mengendap. Sebelum melakukan MRI akan di tes kadar kreatininnya. Kadar kreatinin yang tinggi menandakan gangguan fungsi ginjal atau penyakit ginjal. Jika kadar kreatininnya tinggi maka tidak bisa dilakukan kontras karena obat kontras tersebut tidak akan bisa dijadikan urin dan pada akhirnya juga akan mengendap. Adapun batas maksimal dari kadar kreatinin yaitu 1,5. Perbedaan gambar sebelum dan sesudah kontras ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil foto sesudah dan sebelum diberi kontras

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam kaitannya dengan kecelakaan selama pemeriksaan MRI. Bila terjadi keadaan gawat pada pasien, segera menghentikan pemeriksaan, pasien segera dikeluarkan dari pesawat MRI dengan menarik meja pemeriksaan dan segera berikan pertolongan dan apabila tindakan selanjutnya memerlukan alat medis yang bersifat ferromagnetik harus dilakukan di luar ruang pemeriksaan .

Seandainya terjadi kebocoran Helium, yang ditandai dengan bunyi alarm dari sensor oksigen, tekanlah EMERGENCY SWITCH dan segera membawa pasien ke luar ruang

pemeriksaan serta buka pintu ruang pemeriksaan agar terjadi pertukaran udara, karena pada saat itu ruang pemeriksaan kekurangan oksigen.

Apabila terjadi pemadaman (Quenching), yaitu hilangnya sifat medan magnet yang kuat pada gentry (bagian dari pesawat MRI) secara tiba-tiba, tindakan yang perlu dilakukan buka pintu ruangan lebar-lebar agar terjadi pertukaran udara dan pasien segera di bawa keluar ruangan pemeriksaan. Hal perlu dilakukan karena Quenching menyebabkan terjadinya penguapan helium, sehingga ruang pemeriksaan MRI tercemar gas Helium. Selama pemeriksaan MRI untuk anak kecil atau bayi, sebaiknya ada keluarganya yang menunggu di dalam ruang pemeriksaan. Apabila ada pemadaman, data yang ada akan tersimpan dengan aman karena komputer memiliki UPS yang sangat besar sehingga mampu untuk backup komputer dan alat MRI sendiri sebelum akhirnya sebelum akhirnya di ganti oleh tenaga genset. Sehingga dalam beberapa menit, bisa memanfaatkan UPS untuk menyimpan data-data yang dibutuhkan.

## **KESIMPULAN**

MRI (Magnetic Resonance Imaging) adalah sebuah alat diagnostic imejing tinggi yang menggunakan medan magnet, frekuensi radio tertentu



dan seperangkat computer untuk menghasilkan gambar potongan-potongan penampang tubuh manusia. instrumen dari MRI terdiri dari bahan non-magnetik diantaranya coil, hedset, bel, alat pemberi kontras, kursi roda, ranjang pasien, alat anastesi.

Prinsip kerja MRI Bila tubuh pasien diposisikan dalam medan magnet yang kuat, inti-inti hidrogen tubuh akan searah dan berotasi mengelilingi arah/vektor medan magnet. Bila signal frekuensi radio dipancarkan melalui tubuh, beberapa inti hidrogen akan menyerap energi dari frekuensi radio tersebut dan mengubah arah, atau dengan kata lain mengadakan resonansi. Bila signal frekuensi radio dihentikan pancarannya, inti-inti tersebut akan kembali pada posisi semula, melepaskan energi yang telah diserap dan menimbulkan signal yang ditangkap oleh antena dan kemudian diproses computer dalam bentuk radiograf.

Kontras dapat digunakan sebagai pembeda SNR antara jaringan yang berdekatan. SNR ini dapat ditingkatkan dengan teknik pembobotan gambar (T1, T2, dan PD) atau kontras. Frekuensi RF non-resonansi dapat digunakan, untuk mendapatkan sinyal dari proton gratis. Kontras digunakan sebagai perbandingan antara T1 (anatomi) dan T2 (patologi)

yang selanjutnya dapat digunakan sebagai penentu apakah pasien tersebut memiliki kelainan (struktur abnormal). Kontras akan segera meningkat setelah di injeksi tergantung pada urutan pulsa dan protokol yang digunakan. Biasanya dapat di amati pada waktu maksimal 5 menit tergantung pada jenis lesi/jaringan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih pada RS Saiful Anwar Malang yang telah banyak memberikan kesempatan untuk pengambilan data.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin Musthafa. 2011. Magnetic Resonance Imaging. (online) <http://ipinfisikaui08.blogspot.com/2011/05/magnetic-resonance-imaging-mri.html>. Diakses pada 27 Desember 2020.
- Astuti SD, Muzamil A dan Aisyiyah N, 2017, Analisis Kualitas Citra Tumor Otak Dengan Variasi Flip Angle (FA) menggunakan Sequence T2 Turbo Spin Echo Axial pada Magnetic Resonance Imaging (MRI), Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Fisika Medis dan Biofisika Vol 1. no.1
- Astuti SD., Astutik NVI dan Muzamil A, 2017, Optimalisasi Parameter Bandwidth



- dan Time Echo untuk Mengurangi Susceptibility Artifacts dan Chemical Shift pada MRI, Jurnal Biosains Pascasarjana vol 19 no.3
- Bahri Syaiful. Makalah MRI. (online)  
[https://www.academia.edu/20341172/MAKALAH\\_MRI](https://www.academia.edu/20341172/MAKALAH_MRI).  
Diakses pada 11 Januari 2020.
- Blink Evert J Basic MRI Physics [Book]. - 2004.
- Ferry indriasmoko. 2009. Mengenal Kontras MRI. (online)  
<http://belajar-mri.blogspot.com/2009/06/mengenal-kontras-mri.html>.  
Diakses pada 30 Desember 2019
- Mashari Ali Misri. 2010. Kontras MRI. (online)  
<https://radiologitop.wordpress.com/2010/11/05/kontras-mri/>. Diakses pada 30 Desember 2019
- Muzamil A, Astuti SA, Kamelia, Suhariningsih, 2021, Fat Suppression Spectral Adiabatic Inversion Recovery (SPAIR) to Optimize the Quality of MRI Pelvis Image, Mal J Med Health Sci 17(SUPP2): 74-77
- Muzamil A, Indri NV, Astuti SD, Prijo TA, 2018. Optimalisasi Citra Axial Sequence T2 Gradient Echo Dengan Variasi Bandwidth Dan Time Echo Pada MRI Shoulder Untuk Mengurangi Susceptibility Artifacts Dan Chemical Shift, Journal of Health 5(2): 40-49
- Podgorsack, Erwin B (2003) *Review of Radiation Oncology Physics : A Handbook for Teachers and Students*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- R Ravichandran (2004). *THE PHYSICS OF RADIOLOGY AND IMAGING*. New Delhi, India. Foreword.
- Zuhriyah A, Muzamil A, Astuti SD and Suhariningsih, Determination the Ischemic Stroke of Brain MRI Based On Apparent Diffusion Coefficient (ADC) with b Value Variation, PIT-FMB & SEACOMP 2019, Journal of Physics: Conference Series, 1505 (2020) 012061  
doi:10.1088/1742-6596/1505/1/012041