

## PENGARUH PENGGUNAAN PARAMETER *NUMBER SCAN AVERAGE* TERHADAP *SIGNAL TO NOISE RATIO* DAN *SCAN TIME* PADA PEMERIKSAAN *MAGNETIC RESONANCE IMAGING*: STUDI *LITERATURE REVIEW*

Kadek Agus Cahya Pramana<sup>1</sup>, Ni Putu Rita Jeniyanthi<sup>2</sup>, I Bagus Gede Dharmawan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>*Academy of Radiodiagnostic and Radiotherapy Techniques Bali, Indonesia*

Corresponding author : Kadek Agus Cahya Pramana  
e-mail: [cahyapramana2912@gmail.com](mailto:cahyapramana2912@gmail.com)

### ABSTRACT

**Background :** Signal to Noise Ratio (SNR) is a comparison of the magnitude of the signal amplitude and the magnitude of the amplitude of noise an MRI image that can be used to measure the quality of an MRI image. SNR can be increased by increasing the value of the number scan average (NSA). By increasing the NSA, the SNR will also increase, the scan time will be longer and cause motion artifacts. The purpose of this study was to determine the effect of using the parameter Number Scan Average on the Signal to Noise Ratio and Scan Time on examinations using Magnetic Resonance Imaging modalities.

**Methods:** This study uses a descriptive qualitative method with a study approach literature review regarding the effect of using the parameter Number Scan Average on the Signal to Noise Ratio and Scan Time in the examination using Magnetic Resonance Imaging modalities.

**Results:** The use of variations in NSA values has an effect on SNR and scan time. Giving high value of the NSA will increase the value of the SNR in the image but, the scan time will be longer which affects the quality of the resulting image.

*Keywords: SNR; NSA; scan time; image quality.*

### Pendahuluan

*Magnetic Resonance Imaging* (MRI) adalah teknik pencitraan penampang tubuh manusia berdasarkan pada prinsip resonansi magnetis nuklir atom *hydrogen*, memiliki kemampuan untuk membuat potongan *axial*, *sagittal* dan *coronal* tanpa memanipulasi tubuh pasien. Teknik pencitraan MRI relative kompleks karena kualitas citra yang dihasilkan tergantung pada parameter yang digunakan.<sup>[1]</sup>

Pada MRI ada dua parameter, yaitu parameter primer dan parameter sekunder yang berpengaruh terhadap kualitas hasil citra. Yang termasuk parameter primer adalah *Time Repetation* (TR), *Time Echo* (TE), *Time Inversion* (TI) dan *Flip Angle* (FA) yang berpengaruh terhadap kontras citra. *Slice thickness* dan *interslice gap* berpengaruh terhadap area daerah yang diperiksa (*coverage*). *Field of View* (FOV), frekuensi encoding dan *fase encoding* berpengaruh resolusi dan *Signal to Noise Ratio* (SNR). Sedangkan *Number of*

*Signals Averaged* (NSA) / *Number of Excitation* (NSA) dan *bandwidth* berpengaruh terhadap SNR. Parameter sekunder terdiri atas SNR, CNR, *scan time*, dan *spatial resolution*.<sup>[15]</sup> Untuk mendapatkan kualitas citra MRI, ada empat hal yang harus diperhatikan yaitu SNR, CNR, *scan time* dan spasial resolusi yang dapat diperoleh dengan mengoptimalkan parameter pada MRI.<sup>[2]</sup>

SNR menjadi parameter utama untuk mengukur kualitas gambar, 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).<sup>[1][3]</sup> Peningkatan SNR dari sinyal rata-rata sebanding dengan akar kuadrat dari *Number of Signals Averaged* (NSA).<sup>[3][4]</sup>

NSA adalah nilai jumlah pengulangan pencatatan data selama akuisisi dengan amplitudo dan *fase encoding* yang sama. Salah satu cara yang dilakukan untuk meningkatkan SNR adalah dengan meningkatkan jumlah total akuisisi planar tiap phase encoding ( $Nacq = NSA = NSA$ ). Intinya, proses koleksi data diulang tanpa mengubah kekuatan gradien phase

encoding. NSA juga digunakan untuk menghitung waktu pencitraan (*scan time*).<sup>[2]</sup>

Mengubah NSA secara langsung akan mempengaruhi nilai SNR dan waktu pencitraan. Dengan menaikkan NSA maka SNR juga akan meningkat, waktu pencitraan akan menjadi lebih lama dan mengakibatkan *motion artefact*. Sebaliknya, menurunkan NSA berakibat menurunnya SNR dan waktu pencitraan menjadi lebih cepat.<sup>[2]</sup>

Studi *Literature Review* ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan parameter *Number Scan Average* terhadap *Signal to Noise Ratio* dan *Scan Time* pada pemeriksaan menggunakan modalitas *Magnetic Resonance Imaging*.

### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *study literature review* yang mengkaji jurnal terkait dengan pengaruh penggunaan parameter *Number Scan Average* terhadap *Signal to Noise Ratio* dan *Scan Time* pada modalitas *Magnetic Resonance Imaging*. Penelitian *study literature review* ini dilakukan dengan mengumpulkan data bersumber dari 6 jurnal yang didapat dari basis data seperti Google Scholar, JMSCR (*Journal of Medical Science and Clinical Research*), PubMed. Pencarian jurnal yang diterbitkan dari tahun 2010-2021 menggunakan kata kunci “NSA” dan “MRI”.

Analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode *open coding* sebagai proses untuk mem-*break-down* data, mempelajari satu demi satu, membandingkan, mentabulasi dan mengkonseptualisasikan data dimana penulis merangkum/membuat ringkasan dan mengelompokkan informasi yang didapatkan dari berbagai jurnal mengenai pengaruh penggunaan parameter *Number Scan Average* terhadap *Signal to Noise Ratio* dan *Scan Time* pada Pemeriksaan Dengan Modalitas *Magnetic Resonance Imaging* yang bersumber dari jurnal resmi nasional dan internasional. Tujuan tahap ini adalah untuk penamaan dan pengkategorian melalui pencermatan data, termasuk dalam tahap ini adalah mengenali konsep-konsep yang merepresentasikan fenomena sejenis, hal ini disebut pengkategorian (*categorizing*). Pengelompokkan fenomena ini didasarkan pada pola kesamaan (*similarity*), perbedaan (*difference*), dan sebab-akibat (*causation*).

### Hasil dan Pembahasan

(1) Dwi Rochmayanti, Thomas Sri Widodo, Indah Soesanti dengan judul “Pengaruh Parameter *Number of Excitation* (NSA) Terhadap SNR” Penelitian ini menggunakan Pesawat MRI Type Tomikon S 50 Bruker W 1010301 B tahun pembuatan 1999. Penelitian menggunakan menggunakan variasi NSA 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 sehingga mendapatkan 6 citra MRI. Pulsa sekuen *spin echo* digunakan dalam penelitian ini dengan pembobotan T1 potongan gambar *sagittal* dan FOV 32 cm. Hasil pengukuran SNR dengan NSA 1: SNR pada *corpus* sebesar 4,46, pada *medulla spinalis* adalah 3,47. Pada NSA 2, SNR di *corpus* 14,27 dan SNR di *medulla spinalis* 11,75. NSA 3, SNR di *corpus* dan *medulla spinalis* masing-masing 24,79 dan 15,21. Pada NSA 4 SNR di *corpus* 29,21 dan di *medulla spinalis* sebesar 25,09. NSA 5 : SNR di *corpus* dan *medulla spinalis* adalah 36,76 dan 30,16. Dan pada NSA 6, SNR di *corpus* adalah 48,58 dan di *medulla spinalis* adalah 39,01. Dari 6 citra yang di nilai secara subyektif responden memilih citra dengan NSA 3 memiliki kualitas citra optimal (SNR) dengan *scan time* yang relatif tidak terlalu lama.

(2) Andi Tendi Citra Latifa, Ardi Susilo Wibowo, Fatimah, Sugiyanto, Yeti Kartika Sari, Siti Daryati, Jeffri Adriyanto dengan judul “*The Influence of Number Signal Average Variation to the Scan Time and Anatomic Information of Lumbar MRI on Sagittal Slice with STIR Sequence*” Penelitian ini menggunakan pesawat MRI 1.5 T ,dan pasien MRI lumbal potongan *sagittal* dengan sampel dalam penelitian adalah 10 orang relawan. Setiap relawan digunakan sekuen *STIR Sagittal* dengan variasi NSA 1, 2, 3, 4, dan 5. Parameter yang digunakan meliputi TR = 4720.0 ms, TE = 35 ms, *slice thickness* = 4.0 mm, *slice gap* = 1.0 mm, *phase encoding* = AP/PH, *matrix* = 256 x 192, *flip angle* = 150°, TI = 170, dan FOV = 24 cm. Hasil Penggunaan NSA 1 menghasilkan nilai SNR yang kurang optimal karena nilai rel.SNR kurang dari 100%. Nilai NSA 2 biasanya digunakan sesuai dengan standar *protocol* referensi. Nilai NSA 3, 4, dan 5 menghasilkan rel.SNR yang optimal karena nilainya lebih dari 100%. Hasil uji Friedman pada variasi nilai NSA menunjukkan beberapa perbedaan yang signifikan pada penggunaan

variasi nilai NSA 1, 2, 3, 4, dan 5. Informasi anatomi yang paling optimal digunakan pada nilai NSA 2 dengan *scan time* 02:18 karena sudah sesuai dengan standar rel.SNR 100% dan menghasilkan waktu pemeriksaan yang lebih cepat dibandingkan nilai NSA 3, 4, dan 5.

(3) Dwi Rochmayanti, Thomas Sri Widodo, Indah Soesanti dengan judul “Analisis Perubahan Parameter *Number of Signal Averaged* (NSA) Terhadap Peningkatan SNR dan Waktu Pencitraan MRI” Penelitian ini menggunakan pesawat MRI Hitachi Airis II 0,3 Tesla. yang dianalisa dalam penelitian ini adalah citra MRI dari pasien normal. Citra MRI yang akan diobservasi adalah citra *vertebra cervical* potongan *sagittal* dengan pembobotan T1 dengan pulsa *sequence spin echo* dengan FOV 250 . Citra MRI ini terdiri atas 5 citra dengan variasi NSA antara 1 sampai dengan 5. Pada setiap citra MRI dari potongan sagital dengan berbagai variasi NSA di *scan* dengan jumlah *slice* masing - masing 7 *slice*, kemudian dipilih satu irisan yang paling mewakili dari 7 buah irisan lainnya, yaitu irisan yang ke 4 (empat). Pada penggunaan NSA 1, sebagai contoh, SNR pada daerah area *corpus* adalah 36,0701 sedangkan saat digunakan NSA 2, SNR meningkat menjadi 53,2538. Dari data tersebut didapatkan hasil peningkatan nilai SNR adalah sebesar 17,1837 atau terjadi peningkatan sebesar 48%. Untuk kenaikan NSA dari 2 ke 3, SNR yang meningkat sebesar 34 %, NSA 3 ke 4, SNR meningkat sebanyak 14 % dan SNR meningkat 2 % dari kenaikan NSA 4 ke 5. Demikian juga kenaikan yang hampir sama juga terjadi pada area *medulla spinalis* dan diskus *intervertebralis*. Jadi secara rata-rata dari ketiganya, didapatkan peningkatan NSA 1 menjadi 2 kenaikan rata-rata SNR adalah 51%. Jika NSA dinaikkan 3, SNR juga meningkat menjadi 86%. Kenaikan SNR menjadi 99% jika terjadi peningkatan penggunaan NSA dari 1 ke NSA 4. Jadi dapat disimpulkan terjadi peningkatan hampir 100% , pada penggunaan NSA 4. Hal ini sudah mendekati dengan literatur, untuk mendapatkan SNR 100%, paling tidak menggunakan NSA 4 namun waktu pemeriksaan menjadi cukup lama. Dari hasil data penelitian, didapatkan hasil bahwa untuk menghasilkan citra dengan kualitas SNR yang baik dan waktu pencitraan yang tidak terlalu lama, sebaiknya digunakan NSA 3 (tiga).

(4) Rakhmat Kurniawan, Puji Hartoyo, Ni Larasati Kartika Sari dengan judul “Analisis Pengaruh Perubahan *Number Scan Average*

Terhadap *Signal to Noise Ratio* Pada Citra MRI *Brain* Sekuen T2 *Fast Spin Echo* (FSE)” Penelitian ini menggunakan pesawat MRI Philip Achieva dengan kekuatan magnet (*Magnet Strength*) 1.5 Tesla. Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5 sampel potongan *axial* dengan *slice* 5 mm dengan perubahan nilai NSA 2, 4 dan 6 pada pemeriksaan MRI *Brain* tanpa kontras *sequence* T2 FSE (Fast Spin Echo). Nilai SNR dihitung memanfaatkan algoritma median filter pada software Matlab 2013a. Hasil penelitian Hasil dari pengukuran nilai SNR variasi NSA 2, 4, dan 6 terhadap sampel 1 hingga 5 terdapat perbedaan pada masing-masing sampel yang telah dilakukan. Nilai SNR akan meningkat seiring dengan peningkatan NSA. Dimana nilai rata-rata SNR 81,3411 pada NSA 2 meningkat menjadi 87,2757 pada NSA 4 dengan persentase 5,6 %. Sedangkan nilai SNR pada NSA 6 terjadi peningkat dengan persentase 1,6 % dengan nilai SNR 87,2757. peningkatan nilai NSA 2, 4, dan 6 juga berpengaruh terhadap waktu pencitraan. Semakin besar nilai NSA, maka waktu scanning juga akan bertambah. Kenaikan NSA 2 ke 4, meningkatkan waktu scanning sebesar 55.14%. Sedangkan perubahan NSA dari 4 ke 6 meningkatkan waktu scanning sebesar 35.42.

(5) Yu-Ni Ting, Hanna S. Yuan, Heng-Hua Chang, Woei-Chyn Chu dengan judul “*Automatic Noise Removal and Effect of NSA Setting on Magnetic Resonance Images*” Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pesawat MRI 1.5 T *Signa Excite, GE Medical System*, gambar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dari *BrainWeb Images, ACR phantom* dengan FOV 25 cm, dan CE-MRA *image* dengan FOV 48x38.4 cm. Penelitian dengan ACR *Phantom* dilakukan menggunakan pesawat MRI 1.5 T dengan 8-channel head *coil* yang mengelilingi ACR *Phantom*, dilakukan localizer 3 plane, dengan urutan pulsa *sequence* GRE yang digunakan untuk mendapatkan gambar potonga *axial* menggunakan variasi NSA 0.75, 1, 2, 3, dan 4. Pada gambar *BrainWeb* didapatkan 1 gambar *slice* 18 dengan *slice* thickness 5mm. Pada penelitian CE-MRA menggunakan pesawat 1.5 T dengan inherent *body coil*. Hasil penelitian diperoleh dengan menggunakan beberapa metode, ada 3 indeks penilaian kualitas gambar digunakan diantaranya peak signal to noise ratio (PSNR), indeks kesamaan struktural (SSIM), dan indeks kualitas berdasarkan varian local (QIVL). Dari

hasil penelitian didapatkan efek pengaturan NSA yang berbeda pada kualitas gambar ACR *Phantom*, hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode *automatic filtering* yang digunakan mampu menghasilkan gambar yang baik dengan nilai NSA yang lebih kecil, dari pada menggunakan nilai NSA yang besar tanpa menggunakan metode *automatic filtering*.

(6) Waseem Zafar, Ahmed Masood, Basit Iqbal, Sohail Murad dengan judul “*Resolution, SNR, Signal Averaging and Scan Time In MRI for Metastatic Lesion in Spine : a Case Report in a 74 Years Old Patient*” Penelitian ini dilakukan pada kasus seorang laki-laki 74 tahun dengan Riwayat nyeri punggung bawah yang parah, nyeri tulang, dan muntah. Pemeriksaan MRI dilakukan di rumah sakit setempat dengan menggunakan pesawat MRI *Achieva (Phillips)* 1.5 tesla dengan NSA 2 (pada *upper row*) dan NSA 3 (pada *lower row*), teknik SENSE digunakan dalam pemindaian ini Namun gagal mengkarakterisasi lesi secara memadai. MRI kedua dilakukan dengan pesawat *Magnetom-C (Siemens)* 0.35 T dengan NSA 3 (pada *upper row*) dan NSA 5 (pada *lower row*) ditemukan lesi metastatic di beberapa vertebrae dorso lumbal. Kedua studi MRI diamati dan dianalisis untuk menemukan penyebab lesi metastasis yang hilang pada pemindaian MRI pertama. Diperoleh hasil karena kurang optimalnya SNR dan juga NSA serta penerapan teknik SENSE untuk mempersingkat waktu scanning menyebabkan kualitas citra yang buruk dan gambaran yang buram yang menyebabkan kesalahan diagnose. Didapatkan hasil penelitian Operator sistem MRI 1.5 T mempersingkat waktu pemindaian dengan mengurangi NSA, dan menggunakan teknik SENSE dan menghasilkan kualitas citra yang buruk. Dengan mengurangi nilai NSA akan mengurangi SNR dan meningkatkan artefak karena pernafasan yang menyebabkan gambar buram pada MRI 1.5 T. Kasus ini menggambarkan kebutuhan untuk menggunakan protocol standar untuk mendapatkan kualitas gambar yang baik dengan resolusi yang tinggi dalam kisaran SNR yang dapat diterima. Mempersingkat waktu pemeriksaan dengan mengurangi resolusi, SNR, dan nilai NSA serta penerapan teknik SENSE yang tidak tepat menyebabkan gambar buram dan beresolusi buruk sehingga menyebabkan informasi yang hilang dan kesalahan diagnose.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang dilakukan dari beberapa jurnal, berdasarkan

teori-teori yang sudah dijelaskan diatas, didapati bahwa penggunaan parameter NSA memberikan pengaruh terhadap SNR dan scan time. Hal ini dapat dilihat pada ke 6 jurnal terpilih.

Pada jurnal pertama variasi NSA 1: SNR pada *corpus* sebesar 4,46, pada *medulla spinalis* adalah 3,47, pada NSA 2, SNR di *corpus* 14,27 dan SNR di *medulla spinalis* 11,75, NSA 3, SNR di *corpus* dan *medulla spinalis* masing-masing 24,79 dan 15,21, pada NSA 4 SNR di *corpus* 29,21 dan di *medulla spinalis* sebesar 25,09. NSA 5 : SNR di *corpus* dan *medulla spinalis* adalah 36,76 dan 30,16. Dan pada NSA 6, SNR di *corpus* adalah 48,58 dan di *medulla spinalis* adalah 39,01. Dari 6 citra yang di nilai secara subyektif, responden memilih citra dengan NSA 3 memiliki kualitas citra optimal (SNR) dengan *scan time* yang relatif tidak terlalu lama.

Pada jurnal ke dua, variasi nilai NSA jurnal ke dua menunjukkan beberapa perbedaan yang signifikan pada penggunaan variasi nilai NSA 1, 2, 3, 4, dan 5. Nilai NSA terbesar yang bisa digunakan adalah 5 karena memiliki nilai mean yang tinggi, kemudian informasi anatomi yang paling optimal digunakan pada nilai NSA 2 dengan *scan time* 02:18 karena sudah sesuai dengan standar rel.SNR 100% dan menghasilkan waktu pemeriksaan yang lebih cepat dibandingkan nilai NSA 3, 4, dan 5.

Pada jurnal ke tiga presentase peningkatan NSA 1 menjadi 2 dengan kenaikan rata-rata SNR adalah 51%. Jika NSA dinaikkan 3, SNR juga meningkat menjadi 86%. Kenaikan SNR menjadi 99% jika terjadi peningkatan penggunaan NSA dari 1 ke NSA 4. Jadi dapat disimpulkan terjadi peningkatan hampir 100% , pada penggunaan NSA 4. Dari hasil data penelitian, didapatkan hasil bahwa untuk menghasilkan citra dengan kualitas SNR yang baik dan waktu pencitraan yang tidak terlalu lama, sebaiknya digunakan NSA 3 (tiga).

Pada jurnal ke empat nilai rata-rata SNR 81,3411 pada NSA 2 meningkat menjadi 87,2757 pada NSA 4 dengan persentase 5,6 %, sedangkan nilai SNR pada NSA 6 terjadi peningkatan dengan persentase 1,6 % dengan nilai SNR 87,2757, peningkatan nilai NSA 2, 4, dan 6 juga berpengaruh terhadap waktu pencitraan, Semakin besar nilai NSA, maka waktu scanning juga akan bertambah. Kenaikan NSA 2 ke 4, meningkatkan waktu scanning sebesar 55.14%, sedangkan perubahan NSA dari 4 ke 6 meningkatkan waktu scanning sebesar 35.42.

Pada jurnal ke lima hasil pemeriksaan dinilai berdasarkan 3 indeks penilaian kualitas gambar diantaranya peak signal to noise ratio (PSNR), indeks kesamaan struktural (SSIM), dan indeks kualitas berdasarkan varian local (QIVL). Didapatkan hasil penelitian bahwa efek pengaturan NSA yang berbeda pada kualitas gambar ACR Phantom, hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode *automatic filtering* yang digunakan mampu menghasilkan gambar yang baik dengan nilai NSA yang lebih kecil, dari pada menggunakan nilai NSA yang besar tanpa menggunakan metode *automatic filtering*.

Pada jurnal ke enam didapatkan kesimpulan bahwa perlu adanya penerapan menggunakan protocol standar untuk mendapatkan kualitas gambar yang baik dengan resolusi yang tinggi dalam kisaran SNR yang dapat diterima. Karena mempersingkat waktu pemeriksaan dengan mengurangi resolusi, SNR, dan nilai NSA serta penerapan teknik SENSE yang tidak tepat menyebabkan gambar buram dan beresolusi buruk sehingga menyebabkan informasi yang hilang dan kesalahan diagnose.

## Simpulan

terdapat pengaruh dari penggunaan parameter *Number Scan Average* terhadap *Signal to Noise Ratio* dan *Scan Time* pada Pemeriksaan Dengan Modalitas *Magnetic Resonance Imaging*, semakin besar nilai NSA yang diberikan akan meningkatkan nilai SNR pada citra tapi, waktu pemeriksaan akan menjadi lebih lama. SNR akan naik secara linier dibandingkan dengan perubahan NSA.

Pemeriksaan *cervical* menggunakan Pesawat MRI Type Tomikon S 50 Bruker W 1010301 B tahun pembuatan 1999 dan pesawat MRI Hitachi Airis II 0,3 Tesla dengan pembobotan T1 FOV 32 cm dan 250 mm, NSA 3 disarankan untuk digunakan karena memiliki kualitas citra optimal (SNR) dengan *scan time* yang relatif tidak terlalu lama.

Pada pemeriksaan MRI lumbal dengan menggunakan pesawat MRI 1.5 T *sequence* STIR Sagittal FOV 24 cm, nilai NSA 2 disarankan untuk digunakan karena sudah sesuai dengan standar rel.SNR 100% dan menghasilkan waktu pemeriksaan yang lebih cepat dibandingkan nilai NSA 3, 4, dan 5.

Pada pemeriksaan MRI *Brain* menggunakan pesawat MRI Phillip Achieva dengan kekuatan magnet (Magnet Strength) 1.5

Tesla diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar nilai NSA, semakin besar pula nilai SNR yang diperoleh serta waktu scanning menjadi lebih lama.

## Daftar Pustaka

- Rohmayanti, D., 2013, *Pengaruh Perubahan Scan Parameter Number of Excitations terhadap Signal to Noise Ratio*
- Westbrook, Kaut and Talbot. 2011. *MRI In Practice, Fourth Edition*. London:Wiley- Blackwell Science.
- Diana Ega Yani ,2016 dengan judul "*Optimalisasi Number Of Excitation (NSA) Terhadap Signal To-Noise Ratio (SNR) Dan Kecepatan Waktu Scanning Pada Pemeriksaan MRI*
- 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
- Hornak J.P. 1997-2015. *The Basic of MRI*. Center for Imaging Science. Rochester: Rochester Institute of Technology.
- Currie, S., Hoggard, N., Craven, I. J., Marios, H. (2013). *Understanding MRI: basic MR physics for physicians*. Postgrad Med J 2013, 89:209–223.
- Caligari Conti, Daphne. (2016). *Magnetic Resonance Imaging*. University of Malta 22nd March 2016
- Roguin A, Goldsher D. *Magnetic resonance imaging and implantable cardiac electronic devices: it's not what we can do, it's what we should do*. Isr Med Assoc J, 12, 2010, 436–438.
- Dr Knipe, H., Dr Bashir, U., et al., (2016). *T2 relaxation*. Retrieved from Radiopaedia.org: <http://radiopaedia.org/articles/t2-relaxation>
- Stig E. Forshult, 2007. *Magnetic Resonance Imaging MRI An Overview*. Karlstad University Studies 2007:22
- Bjørnerud, Atle. 2008. *The Physics of Magnetic Resonance Imagin*. Oslo: Department of Physics University of Oslo.
- McRobby D.W., dkk. 2017. *MRI Picture To Proton*. New York: Cambridge University Press.
- 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.
- Woodward, Peggy. and Freimarck, Roger. 2013. *MRI for Technologists*. McGraw-Hill, Inc: New York, USA
- Hashemi. Ray. H, and Bradley William g. R. 2013. *MRI the Basic*. Second Edition. William and Wilkins. USA.
- Patralekh, Dr Mohit & Kalra, Mukesh. (2012). *Basics of Magnetic Resonance Imaging*.

- Idrees, Muhammad. (2014). *AN OVERVIEW ON MRI PHYSICS AND ITS CLINICAL APPLICATIONS*. International Journal of Current Pharmaceutical & Clinical Research. 4. 185-193.
- Dr Di Muzio, B., Dr Ray Ballinger, J., et al., (2016). Resonance and radiofrequency. Retrieved from Radiopaedia:<http://radiopaedia.org/articles/resonance-and-radiofrequency>
- Yun-Ni Ting, Hanna S. Yuan, Heng-Hua Chang, and Woei-Chyn Chu. 2011. *Automatic Noise Removal And Effect of NEX Setting on Magnetic Resonance Images*. International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI)
- Waseem Zafar, Ahmed Masood, Basit Iqbal, and Sohail Murad. 2019. *Resolution, SNR, Signal Averaging and Scan Time in MRI for Metastatic Lesion in Spine : A Case Report in a 74 Years Old Patient*. Clinical Radiology & Imaging Journal. ISSN : 2640-2343
- Andi Tenri Citra Latifa, Ardi Soesilo Wibowo, Fatimah, Sugiyanto, Yeti Kartikasari, Siti Daryati, Jeffri Ardiyanto. 2017. *The Influence of Number of Signal Average Variation to the Scan Time and Anatomic Information of Lumbar MRI on Sagittal Slice with Stir Sequence*. JMSCR Vol. 5, Issue 06, Page 23146-23152
- Rakhmat Kurniawan, Puji Hartoyo, Ni Larasati Kartika Sari. 2018. Analisis Pengaruh Perubahan *Number Scan Average* Terhadap *Signal to Noise Ratio* Pada Citra MRI Brain Sekuen T2 *Fast Spin Echo* (FSE). Jurnal Ilmiah GIGA Vol 12