

PROSEDUR PEMERIKSAAN MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI) BRAIN PADA KASUS EPILEPSI

Hanisa^{1*}, I Putu Eka Juliantara², Rahmat Widodo³

¹⁻³Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Radiologi Pencitraan di Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali

^{*)}Email korespondensi: hanisa1062.@gmail.com

Abstract: Magnetic Resonance Imaging (MRI) Brain Examination Procedure in Epilepsy Cases. *Magnetic resonance imaging is the imaging (neuroimaging) test of choice to focus on the presence of epilepsy and other structural brain abnormalities that may be the cause of epilepsy. Advances in MRI technology are very helpful in detecting epileptogenic lesions, especially using higher field strength MRI, namely with 3 tesla scanning, which has been shown to increase the detection of lesions with an odds ratio of greater than 2.5 compared to 1.5 tesla. This type of research is descriptive qualitative with a case study approach. Data collection was carried out in June 2023-September 2023 using a SIMENS 3.0 Tesla MRI aircraft. The patient samples used in this examination were patients with clinical epilepsy. Data collection was carried out through observation, interviews with radiographers, radiologists and documentation of the implementation of brain MRI examinations in epilepsy cases. Data description and analysis was carried out based on the results of observations, interviews and documentation to then draw conclusions and suggestions. According to theory, in general the brain sequences used in clinical epilepsy include T2-weighted axial, T2 coronal FLAIR, T2-weighted axial, coronal TIRM. Meanwhile in the field in general the routine sequences used are axial T1, Axial T2 dark fluid, Axial T2, Axial B1000, Axial T2 swi, T1 sagittal/DIR sagittal, T2 coronal, T2 coronal dark fluid and the addition of a special sequence in clinical epilepsy, namely DIR coronal.*

Keywords : Brain, DIR coronal, Epilepsi

Abstrak : Prosedur Pemeriksaan Magnetic Resonance Imaging (MRI) Brain Pada Kasus Epilepsi. *Magnetic resonance imaging adalah pemeriksaan pencitraan (neuroimaging) pilihan untuk fokus melihat adanya epilepsi dan kelainan structural otak lainnya yang mungkin menjadi penyebab epilepsi. Kemajuan terhadap teknologi MRI sangat membantu dalam mendeteksi lesi epileptogenetik terutama dengan menggunakan MRI kekuatan medan yang lebih tinggi yaitu dengan pemindaian 3 Tesla, telah terbukti meningkatkan deteksi lesi dengan rasio odds lebih besar dari 2,5 dibandingkan dengan 1,5 Tesla. Jenis penelitian ini adalah deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Pengambilan data dilakukan pada bulan Juni 2023-September 2023 menggunakan pesawat MRI SIMENS 3,0 Tesla. Sampel pasien yang digunakan pada kajian ini adalah pasien dengan klinis epilepsi. Pengambilan data dilakukan melalui observasi, wawancara dengan radiografer, dokter radiologi dan dokumentasi pelaksanaan pemeriksaan MRI Brain pada kasus epilepsi. Deskripsi dan analisis data dilakukan berdasarkan hasil observasi, wawancara serta dokumentasi untuk kemudian diambil kesimpulan dan saran. Menurut teori pada umumnya sekuen brain pada klinis epilepsi yang digunakan meliputi T2- Weighted Axial, T2 Coronal FLAIR, T2- Weighted Axial, Coronal TIRM. Sedangkan di lapangan pada umumnya sekuen rutin yang di gunakan yaitu Axial T1, Axial T2 dark fluid, Axial T2, Axial B1000, Axial T2 SWI, T1 Sagittal/DIR Sagittal, T2 Coronal, T2 Coronal Dark Fluid dan adanya penambahan sekuen khusus pada klinis epilepsi yaitu DIR coronal.*

Kata kunci : DIR coronal, Brain, Epilepsi

PENDAHULUAN

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah salah satu pemeriksaan penunjang diagnosa dalam ilmu kedokteran (Apriantoro & Christianni, 2015). Khususnya pada bidang radiologi, MRI merupakan alat diagnostic yang menggunakan medan magnet dan tanpa menggunakan sinar x sebagai radiasi pengion yang hasilnya dapat menghasilkan gambaran potongan tubuh manusia (Trihadijaya dkk, 2019). Dengan menggunakan medan magnet berkekuatan tinggi mulai dari 0,1 sampai 3 Tesla (Bontrager & Lampignano, 2014). Besar kekuatan medan magnet yang dipakai tersebut sangat mempengaruhi kemampuan pencitraan mulai dari hasil resolusi gambar, menurunkan *scan time* dan mampu mencitrakan fungsional jaringan (Trihadijaya dkk, 2019). MRI *brain* bertujuan untuk mengetahui informasi karakteristik morfologi dari lokasi, ukuran, bentuk dan luas dari kelainan tersebut. Citra yang jelas dan detail bagian tubuh dapat dilihat dengan baik melalui pemilihan parameter yang tepat sehingga patologi dan anatomi pada jaringan tubuh mendapatkan hasil diagnosa yang akurat dan dapat di evaluasi (Publikasi, 2022).

Magnetic resonance imaging adalah pemeriksaan pencitraan (*neuroimaging*) pilihan untuk fokus melihat adanya *epilepsi* dan kelainan structural otak lainnya yang mungkin menjadi penyebab *epilepsy* (Suwarba, 2016). MRI telah ampuh dalam mendeteksi kelainan otak *epilepsy* (Woermann & Vollmar, 2009). Berulang ulang kali dilakukan selama gangguan kejang, proses diagnostic awal dari dilakukan pada pasien dan terbukti refrakter terhadap pengobatan. Telah diuji di pusat pusat *epilepsi* protokol MRI memiliki spesifisitas dan sensitivitas tinggi untuk lesi *epileptogenetik*, protokol ini melibatkan ketebalan irisan, resolusi tinggi, orientasi tegak lurus atau sejajar dengan sumbu *longitudinal* dan *hippo campal body* (Aly, 2021). Kemajuan terhadap teknologi MRI sangat membantu dalam mendeteksi lesi *epileptogenetik*

terutama dengan menggunakan MRI kekuatan medan yang lebih tinggi yaitu dengan pemindaian 3 Tesla, telah terbukti meningkatkan deteksi lesi dengan rasio odds lebih besar dari 2,5 dibandingkan dengan 1,5 Tesla (Granata dkk, 2016). Menurut Catherine Westbrook (2019) pada umumnya sekuen *brain* rutin yang digunakan meliputi sekuen T2 *Weighted Fast Spin Echo Axial*, T2 *Weighted Fast Spin Echo Coronal* dan T2 *Weighted Fast Spin Echo Sagital*, T2 *Weighted Spin Echo Axial*, DWI serta T2 *Weighted FLAIR*. Selain itu dilakukan penambahan sekuen khusus T2 *Drive High Resolution* dalam bentuk gambaran 3 dimensi dengan resolusi tinggi (Wychowski dkk, 2016).

Menurut Moeller (2003) pada umumnya sekuen *brain* pada klinis *epilepsi* yang digunakan meliputi T2-*Weighted Axial*, T2 *Coronal FLAIR*, T2-*Weighted Axial*, *Coronal TIRM*(13). Selama melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) penulis menjumpai perbedaan sekuen pada pemeriksaan MRI *brain* yaitu perbedaan sekuen di lapangan dan teori. Pada umumnya sekuen rutin yang di gunakan yaitu *Axial T1*, *Axial T2 Dark Fluid*, *Axial T2*, *Axial B1000*, *Axial T2 SWI*, *T1 Sagital/ DIR Sagital*, T2 *Coronal* , T2 *Coronal Dark Fluid* dan adanya penambahan sekuen khusus pada klinis *epilepsi* yaitu *DIR Coronal*.

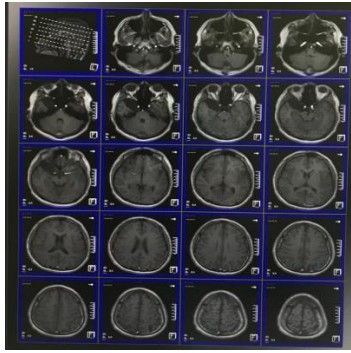
METODE

Jenis penelitian ini adalah deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus. Pengambilan data dilakukan pada bulan Juni 2023-September 2023 menggunakan pesawat MRI SIMENS 3,0 Tesla. Sampel pasien yang digunakan pada kajian ini adalah pasien dengan klinis *epilepsi*. Pengambilan data dilakukan melalui observasi, wawancara dengan radiografer, dokter radiologi dan dokumentasi pelaksanaan pemeriksaan MRI *Brain* pada kasus *epilepsi*. Deskripsi dan analisis data dilakukan berdasarkan hasil observasi, wawancara serta dokumentasi untuk kemudian diambil kesimpulan dan saran.

HASIL

Penelitian ini menggunakan pasien laki-laki dengan klinis *epilepsi*, umur 17 tahun dengan keluhan di daerah kepala. Prosedur pemeriksaan MRI *Brain* pada kasus *epilepsi* adalah sebagai berikut:

1. Pesiapan pasien
Pasien harus melakukan beberapa persiapan pemeriksaan dan tujuan dari pemeriksaan.
 - a. Pasien mendaftar di loket MRI dengan membawa ampra dari dokter pengirim, setelah itu diberikan lembaran *screening* pasien untuk dibaca dan dicentang sesuai keterangan dan bukti bersedia dilakukan pemeriksaan serta resiko dari pemeriksaan yang akan dilakukan.
 - b. Pasien menunggu di ruang tunggu MRI, sampai tiba giliran untuk dilakukan pemeriksaan.
 - c. Sebelum dimulai pemeriksaan pasien diberikan penjelasan tentang prosedur pemeriksaan dan tujuan dari pemeriksaan.
 - d. Pasien diminta untuk mengganti pakaian, menggunakan pakaian ganti yang telah disediakan serta dilakukan *screening* pada pasien sesuai dengan *checklist screening* pasien yang telah tersedia dimana meliputi penggunaan *facemaker*, memakai *clips aneurysm*, kosmetik pada kelopak mata, apakah sedang hamil, memakai *neurostimulator*, memakai *coronary artery bypass clips*, *clips transparan* pada ginjal, menggunakan alat bantu dengar, alat *prosthesis* mata, *prosthesis* katup jantung, kawat gigi atau gigi palsu, *vena cava umbrella*, *insulin infusion pumps*, alat-alat ortopedi, serta melepaskan benda - benda yang mengandung logam yang dapat mengganggu hasil citra MRI dan membahayakan pasiennya. Seperti handphone, dompet, ikat pinggang, dan lain-lain. Pasien diingatkan untuk tidak bergerak saat pemeriksaan.
2. Persiapan alat dan bahan
 - a. Modalitas Siemens 3,0 Tesla
 - b. *Head Coil*
 - c. *Emergency Button*
 - d. *Headphone*
 - e. Selimut
3. Teknik pemeriksaan
 - a. Pasien *supine* diatas meja pemeriksaan dengan posisi *head first*
 - b. Memberikan selimut kepada pasien
 - c. Memasang *headphone*
 - d. Memasang *head coil*
 - e. Memilih protocol "*head*"
 - f. Menekan tombol *isocenter* untuk memasukkan pasien kedalam bormagnet
 - g. Informasikan pada pasien untuk tidak bergerak selama pemeriksaan
4. Prosedur pemeriksaan
Pemeriksaan *brain* menggunakan MRI Siemens 3,0 Tesla adalah pemeriksaan yang ingin melihat keseluruhan daerah kepala. Rangkaian sekuen protokol pemeriksaan *Brain* adalah sebagai berikut:
 - a. *Plain Localizer Sagittal, Coronal, dan Axial*
 - b. *T1 Axial*
 - c. *T2 Axial Dark Fluid*
 - d. *T2 Axial*
 - e. *Axial B1000*
 - f. *T2 Axial SWI*
 - g. *T1 Sagittal/ Sagittal DIR*
 - h. *T2 Coronal*
 - i. *T2 Coronal Dark Fluid*
 - j. *DIR Coronal*
5. Protokol pemeriksaan
 - a. *Plain Localizer Sagittal, Coronal, dan Axial*
 - b. *Axial T1*

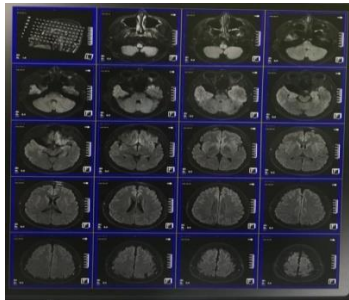


Gambar 1. Hasil Citra Sekuen Axial T1

Tabel 1. Parameter Axial T1

TR	250,0 ms
TE	2,46
<i>Slice Thickness</i>	5,0 mm
<i>Phase Encoding</i>	R > L
FOV	220 mm
<i>Averages</i>	1

c. Axial T2 Dark Fluid

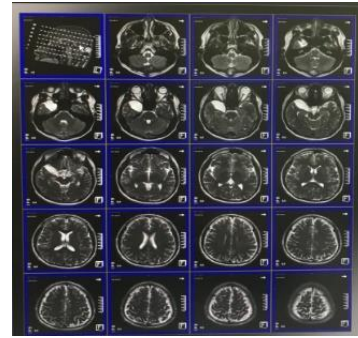


Gambar 2. Hasil Citra Sekuen Axial T2 Dark Fluid

Tabel 2. Parameter Axial T2 Dark Fluid

TR	9000,0 ms
TE	91,00 ms
<i>Slice Thickness</i>	5,0 mm
<i>Phase Encoding</i>	R > L
FOV	220 mm
<i>Averages</i>	1

d. Axial T2

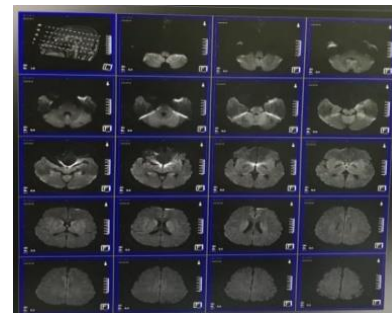


Gambar 3. Hasil Citra Sekuen Axial T2

Tabel 3. Parameter Axial T2

TR	4430,0 ms
TE	99,0 ms
<i>Slice Thickness</i>	5,0 mm
<i>Phase Encoding</i>	R > L
FOV	220 mm
<i>Averages</i>	1

e. Axial B1000

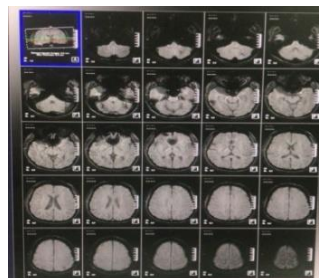


Gambar 4. Hasil Citra Axial B1000

Tabel 4. Parameter Sekuen Axial B1000

TR	3000,0 ms
TE	70,00 ms
<i>Slice Thickness</i>	5,0 mm
<i>Phase Encoding</i>	A > P
FOV	220 mm
B Value	1000

f. Axial SWI

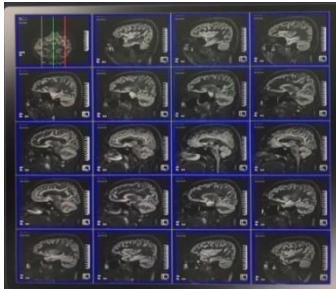


Gambar 5. Hasil Citra Axial SWI

Tabel 5. Parameter Axial SWI

TR	27,0 ms
TE	20,0 ms
<i>Slice Thickness</i>	2,0 mm
<i>Phase Encoding</i>	R > L
FOV	220 mm
<i>Averages</i>	1

g. T1 Sagital/ DIR Sagital

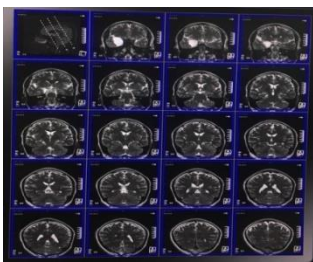


Gambar 6. Hasil Citra DIR Sagital

Tabel 6. Parameter Sekuen DIR Sagital

TR	7500,0 ms
TE	318,00 ms
<i>Slice Thickness</i>	1,40 mm
<i>Phase Encoding</i>	A > P
FOV	260 mm
<i>Averages</i>	2,0

h. T2 Coronal

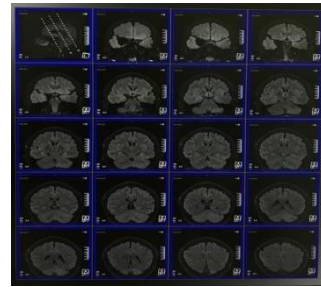


Gambar 7. Hasil Citra T2 Coronal

Tabel 7. Parameter Sekuen T2 Coronal

TR	4430,0 ms
TE	99,0 ms
<i>Slice Thickness</i>	3,0 mm
<i>Phase Encoding</i>	R > L
FOV	220 mm
<i>Averages</i>	1

i. T2 Coronal Dark Fluid

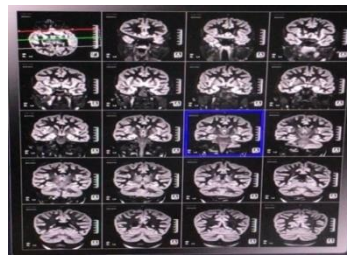


Gambar 8. Hasil Citra T2 Coronal Dark Fluid

Tabel 8. Parameter Sekuen T2 Coronal Dark Fluid

TR	90000,0 ms
TE	91,00 ms
<i>Slice Thickness</i>	3,0
<i>Phase Encoding</i>	R > L
FOV	220 mm
<i>Averages</i>	1

j. DIR Coronal



Gambar 9. Hasil Citra DIR Coronal

Tabel 9. Parameter DIR Coronal

TR	7500,0 ms
TE	318,00 ms
<i>Slice Thickness</i>	2,0 mm
<i>Phase Encoding</i>	R > L
FOV	260 mm
<i>Averages</i>	2,0

Tabel 10. Parameter Post Processing 3D DIR Coronal

<i>Images Thickness</i>	3,0 mm
<i>Distance between images</i>	3,0 mm
<i>Number of images</i>	19
FOV	294,1 x 272,5 mmS

PEMBAHASAN

Menurut responden radiolog penggunaan DIR *coronal* bisa menegakkan diagnosa itu yang biasanya diminta, dan kita mendiagnosa *hippocampus* dan *amigdala*. Kalau gambar normalnya *amigdala* lancip kalau dia tumpul berarti *epilepsi*. Selain melihat tampilan anatomi juga akan melihat tampilan warna apabila dia berwarna putih dia berarti mempunyai kelainan *epilepsi* tapi apabila dia berwarna hitam si *amigdalanya* dia normal. Sekuen DIR sangat bagus untuk memperlihatkan ada space apakah ada penyempitan atau tidak, akan menunjukkan apakah pasiennya menderita *epilepsi* itu sangat di tunjukkan dengan baik pada sekuen DIR.

Menurut dokter radiolog DIR (*Double Inversion Recovery*) adalah urutan dengan kontras *hibrida* dari urutan FLAIR dan STIR, yang dihasilkan oleh penerapan pulsa pemulihan inversi ganda. Telah disarankan bahwa DIR memberikan sensitivitas yang tinggi terhadap lesi dengan kontras T2 yang rendah. Hal ini dapat berguna untuk mengevaluasi daerah *lobus temporalis*, MRI *brain* dapat memberikan informasi untuk melihat kelainan anatomi dalam kasus *epilepsi* seperti *hippocampal sclerosis* pada *epilepsi* tipe *temporal*. Dari MRI *brain* tampak *atrofi* atau perubahan bentuk pada daerah *hippocampus*, *Malformasi Arteriovena (AVM)* untuk melihat kelainan struktural pembuluh darah di otak yang bisa menjadi fokus kejang, tumor otak untuk melihat massa abnormal pada jaringan otak, bekas Luka atau Lesi untuk melihat bekas luka atau lesi di otak apabila ada riwayat cedera kepala atau infeksi sebelumnya yang bisa menjadi fokus kejang, Perubahan struktur kortikal yang mungkin terkait dengan *epilepsy*, kelainan perkembangan korteks otak atau *displasia kortikaL*. Peran utama sekuen DIR *coronal* dalam pemeriksaan MRI *brain* adalah untuk mengidentifikasi kelainan anatomi atau lesi yang mungkin menjadi penyebab kejang.

Keuntungan bahwa gambar DIR 3D mampu menggambarkan *hippocampus* dengan detail dengan *signal to ratio* (SNR) dan *contrast to noise ratio* (CNR) yang tinggi, menurut teori salah satu jurnal (Mohamed Abdelbar Abdelmaksoud Aly dkk, 2021) yang di jelaskan bahwa ada penambahan sekuen DIR dalam pemeriksaan MRI *brain* klinis *epilepsi* dengan adanya sekuen DIR adalah kemampuan untuk menunjukkan karakteristik semiologis dari gangguan perkembangan *kortikal*.

Menurut (Francesca Granata dkk, 2016) keunggulan gambar DIR menunjukkan kepekaan lebih baik dalam identifikasi asosiasi MTS dengan fokus *homolateral dysplasia korteks gyrus parahippocarpal*, keuntungan utama akusisi DIR adalah kemampuan teknik ini untuk menunjukkan pada saat yang sama semua karakteristik semiologis perkembangan *kortikal* gangguan dengan pemeriksaan lengkap patologi ini. Peran DIR pada 3 T yaitu menunjukkan intensitas sinyal *hippocampus* yang sangat tinggi dan juga membuktikan bahwa gambar DIR dapat menggambarkan HS dengan *signal noise to ratio* (SNR) dan *contrast yang tinggi noise to ratio* (CNR) lebih unggul dari rangkaian MR konvensional, menegaskan bahwa urutan DIR dapat memberikan informasi pelengkap tentang patologi *hippocampus* dan secara efisien *melateralisasi sclerosis hippocampal* pada pasien dengan *mesial temporal lobe epilepsi* (MTLE).

Menurut (Thomas wychowski dkk, 2016) DIR berpotensi lebih sensitif dalam mendeteksi lesi berbasis *kortikal* dibandingkan dengan pencitraan standar dari pada T2 *coronal* dan FLAIR. Sejauh ini, penggunaan pencitraan DIR dengan urutan MR standar telah memberikan hasil yang beragam untuk utilitas dalam karakteristik fokus *epilepsi*. Dengan menggunakan pemindaian 1,5 Tesla yang menurutnya memiliki resolusi *signal to noise* yang lebih buruk dianggap kurang optimal dibandingkan dengan MRI 3 Tesla.

Menurut responden 3 radiografer, mengenai MRI *brain* tidak ada persiapan

husus, hanya saja melepas benda logam, untuk prosedur MRI *brain* sebelum pemeriksaan mengganti baju pasien, dan *inform consent*. Kelebihan sekuen DIR yaitu dapat memperlihatkan gambar *hippocampus* dan *amigdala* dengan resolusi yang baik sedangkan kekurangannya adalah memerlukan waktu yang cukup lama kemudian post prosesing untuk artefak sendiri sebetulnya tidak ada tidak masalah dengan sekuen DIR yang digunakan.

KESIMPULAN

Pemeriksaan MRI *brain* klinis *epilepsi* di salah satu rumah sakit Jakarta dimulai dengan *anamnese* pasien, *positioning*, *editing* sampai *printing*. Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan *head coil*, posisi pasien yaitu *supine*, *head first*.

Pemeriksaan MRI *brain* klinis *epilepsi* menggunakan sekuen *Axial T1, Axial T2 Dark Fluid, Axial T2, Axial B1000, Axial T2 swi, T1 Sagital/ DIR Sagital, T2 Coronal, T2 Coronal Dark Fluid, DIR Coronal*. Peranan sekuen DIR *Coronal* salah satu rumah sakit di Jakarta pada klinis *epilepsi* tujuannya untuk mengetahui informasi lebih akurat kelainan yang terjadi di dalam brain sekaligus untuk menegakkan diagnose potongan sekuen yang tipis lebih memungkinkan untuk melihat kelainan anatomi yaitu *epilepsi* SNR yang lebih tinggi dan resolusi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Aly MAA, Saleh TM, Elfatraty AMA, Montasser MM. (2021). The value of double inversion recovery MRI sequence in assessment of epilepsy patients. *Egypt J Radiol Nucl Med* [Internet]. 52(1). Available from: <https://doi.org/10.1186/s43055-021-00604-z>

Apriantoro NH, Christianni C. (2015). Analisis Perbedaan Citra Mri Brain Pada Sekuent1Se Dan T1Flair. *Sinergi*. 19(3):206.

Bernasconi A, Cendes F, Theodore WH, Gill RS, Koepp MJ, Hogan RE, et al. Recommendations for the use of structural magnetic resonance

imaging in the care of patients with epilepsy: A consensus report from the International League Against Epilepsy Neuroimaging Task Force. *Epilepsia*. 2019;60(6):1054–68.

Bontrager KL, Lampignano JP. (2014). Bontrager's Handbook of Radiographic Positioning and Techniques. *Journal of Chemical Information and Modeling*.

Catherine, talbot john. (2019). MRI IN PRACTICE. Vol. 6, *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*. 418 p.

Granata F, Morabito R, Mormina E, Alafaci C, Marino S, Laganà A, et al. (2016). 3T Double Inversion Recovery Magnetic Resonance Imaging: Diagnostic advantages in the evaluation of cortical development anomalies. *Eur J Radiol* [Internet]. 85(5):906–14. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.02.018>

Middlebrooks EH, Lin C, Westerhold E, Okromelidze L, Vibhute P, Grewal SS, et al. (2020). Improved detection of focal cortical dysplasia using a novel 3D imaging sequence: Edge-Enhancing Gradient Echo (3D-EDGE) MRI. *NeuroImage Clin* [Internet]. 28:102449. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102449>

Moeller. (2003). MRI Parameters and Positioning. 216.p

Publikasi N. (2022). Examination Procedure Of Mri Brain Contrast In Epilepsy Cases At Radiology Installation Of Dr.

Repindo A, Zanariah Z. (2017). Epilepsi Simptomatik Akibat Cidera Kepala pada Pria Berusia 20 Tahun. *J Medula*. 7(4):26–9.

Suwarba IGNM. (2016). Insidens dan Karakteristik Klinis Epilepsi pada Anak. *Sari Pediatr*. 13(2):123.

Tedyanto EH, Chandra L, Adam OM. (2020). Gambaran Penggunaan Obat Anti Epilepsi (OAE) pada Penderita Epilepsi Berdasarkan

- Tipe Kejang di Poli Saraf Rumkital DR. Ramelan Surabaya. *J Ilm Kedokt Wijaya Kusuma*. 9(1):77.
- Trihadijaya AF, Abimanyu B, Darmini D. (2019). Pengukuran Nilai Metabolit Pada Penggunaan Variasi Nilai Time Echo Pemeriksaan Magnetic Resonance Spectroscopy Otak. *J Imejing Diagnostik*. 5(2):112.
- Von Oertzen J, Urbach H, Jungbluth S, Kurthen M, Reuber M, Fernández G, et al. (2002). Standard magnetic resonance imaging is inadequate for patients with refractory focal epilepsy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*73(6):643–7.
- Woermann FG, Vollmar C. (2009). Clinical MRI in children and adults with focal epilepsy: A critical review. *Epilepsy Behav* [Internet]. 15(1):40–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ybeh.2009.02.032>
- Wykowski T, Hussain A, Tivarus ME, Birbeck GL, Berg MJ, Potchen M. (2016). Qualitative analysis of double inversion recovery MRI in drug-resistant epilepsy. *Epilepsy Res* [Internet]. 127:195–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eplepsyres.2016.09.001>