

ANALISIS PERBANDINGAN INFORMASI CITRA MRI VERTEBRA ANTARA STIR MAVRIC-SL DAN T2 FSE FATSAT SAGITAL PADA PASIEN MENGGUNAKAN IMPLAN LOGAM

Rike Mesy Tasyawati¹, Hernastiti Sedyu Utami^{2*}

Program Studi Teknologi Radiologi Pencitraan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Purwokerto^{1,2}

*Corresponding Author : hernastitisedyautami@ump.ac.id

ABSTRAK

Pada pemeriksaan MRI Vertebra sering muncul masalah dengan adanya gangguan artefak pada hasil diagnostik salah satunya adalah artefak benda asing atau logam. Hal itu dapat mempengaruhi kualitas informasi diagnostik, struktur anatomi dan klinis disekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan informasi citra MRI vertebra dengan sekuen STIR MAVRIC-SL dan T2 FSE FATSAT sagital pada pasien yang menggunakan implan logam untuk mendapatkan hasil citra yang optimal. Pada penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan sampel 7 pasien. Hasil citra dianalisis oleh 2 observer Dokter Spesialis Radiologi menggunakan kuesioner dengan metode *visual grading analysis* (VGA). Hasil kuesioner kemudian diuji statistik dengan uji konsistensi *Cohen's Kappa* dan uji beda *Wilcoxon Signed Test*. Penelitian ini menunjukkan ada perbedaan nilai informasi citra yang signifikan antara sekuen STIR MAVRIC-SL dan T2 FSE FATSAT pada *Discus Intervertebra*, *Spinal Cord*, *Foramen Neuralis* dan Artefak Logam. Sedangkan pada anatomi *Corpus Vertebra* dan *Pedicle* tidak ada beda yang signifikan antara kedua sekuen tersebut. Pada sekuen STIR MAVRIC-SL dapat secara efektif menurunkan artefak pada citra yang biasa ditemui di dekat implan logam yang tertanam serta dapat mendeteksi lesi, peningkatan *noise* terlihat pada STIR MAVRIC-SL, akan tetapi artefak logam tereduksi secara signifikan dibandingkan dengan T2 FSE FATSAT pada pemeriksaan MRI Vertebra, karena dapat mengurangi area kekosongan sinyal sehingga menghasilkan visualisasi struktur anatomi yang lebih baik dan menghasilkan citra yang lebih optimal.

Kata kunci : implan logam, MRI vertebra, STIR MAVRIC-SL, T2 FSE FATSAT

ABSTRACT

In Vertebral MRI examination, problems often arise with the presence of artifact disturbances in diagnostic results, one of which is foreign body or metal artifacts. It can affect the quality of diagnostic information, the surrounding anatomical and clinical structures. This study aims to analyze the difference in MRI image information of vertebrae with STIR MAVRIC-SL and T2 FSE FATSAT sagittal sequences in patients using metal implants to obtain optimal image results. This study was a quantitative study using a sample of 7 patients. The image results were analyzed by 2 observers of Radiologists using questionnaires with the visual grading analysis (VGA) method. The results of the questionnaire were then statistically tested with Cohen's Kappa consistency test and Wilcoxon Signed Test. This study shows that there are significant differences in image information values between STIR MAVRIC-SL and T2 FSE FATSAT sequences in Intervertebral Discus, Spinal Cord, Foramen Neuralis and Metal Artifact. While in the anatomy of the Corpus Vertebrae and Pedicle there is no significant difference between the two sequences. In the STIR MAVRIC-SL sequence can effectively reduce image artifacts commonly found near embedded metal implants and can detect lesions, increased noise is seen in STIR MAVRIC-SL, but metal artifacts are significantly reduced compared to T2 FSE FATSAT on Vertebral MRI examination, because it can reduce the area of signal blanks resulting in better visualization of anatomical structures and more optimal images.

Keywords : implant logam, MRI vertebrae, STIR MAVRIC-SL, T2 FSE FATSAT

PENDAHULUAN

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan metode pemeriksaan pencitraan jaringan lunak noninvasif tanpa menggunakan radiasi pengion yang memiliki kelebihan dibandingkan

dengan konvensional radiografi dan digunakan untuk pemantauan pengobatan sehingga menghasilkan citra yang lebih detail (Peschke dkk., 2021); (Theodorou dkk., 2020). Saat ini pemeriksaan MRI adalah pemeriksaan yang sangat umum dan rutin dilakukan di Rumah Sakit. Pada umumnya hampir seluruh bagian tubuh dapat diperiksa dengan modalitas MRI, yang hampir 90% pemeriksaan MRI dilakukan pada organ kepala dan vertebra, 10% pada pemeriksaan organ lainnya, dan pada pemeriksaan organ vertebra lebih direkomendasikan dalam pemeriksaan MRI (Lenski dkk., 2017); (Rasad., 2011;).

Tulang belakang adalah struktur tulang yang menampung sumsum tulang belakang dan memanjang sepanjang punggung, menghubungkan kepala ke tulang *pelvis*, yang dipisahkan menjadi lima bagian berbeda, tulang belakang leher (*cervical*) terdiri 7 tulang, tulang belakang dada (*thoracal*) terdiri 12 tulang, tulang belakang lumbal terdiri 5 tulang, sakrum terdiri dari 5 tulang, dan tulang ekor (*coccyx*) yang terdiri dari 3-5 tulang yang menyatu tergantung pada individu (Frost dkk., 2019).

Pada pemeriksaan MRI pembobotan T2 biasanya digunakan dalam pencitraan klinis yang berfokus pada patologi, dan patologi pada pembobotan T2 tampak terang. Peningkatan sinyal lemak pada gambar dengan T2-*weighted* dapat mengaburkan patologi seperti edema, infiltrasi sumsum tulang, dan metastasis. Dengan demikian, gambar T2-*weighted* diberikan tambahan dengan penekanan sinyal lemak yang diperlukan untuk meningkatkan visualisasi kelainan pada anatomi daerah dengan komponen lemak yang melimpah seperti vertebra (Fisnandya dkk., 2018).

Menurut Westbrook (2014) protokol pemeriksaan MRI Vertebra potongan sagital pada pembobotan T2 menggunakan sekuen *Spin Echo* (SE)/ *Fast Spin Echo* (FSE) atau T2* *Coherent Gradient Echo* (GRE). Pada penelitian Kumar & Hayashi (2016) protokol yang digunakan sagital *Short Tau Inversion Recovery* (STIR). Penambahan teknik *Fat Saturation* pada pembobotan T2 mampu menampilkan citra yang lebih sensitif pada kondisi patologi vertebra Menurut teori D'Aprile dkk., (2018).

Teknik *Fat saturation* atau teknik penekanan lemak adalah bagian penting dalam pencitraan, terutama jika objek yang diperiksa mengandung lemak. Teknik ini digunakan ketika ingin mensupresi lemak pada pencitraan MRI tanpa berpengaruh pada sinyal air serta digunakan untuk meningkatkan kontras resolusi dan meminimalisir artefak (Nuha dkk., 2022). Disisi lain, dalam mensupresi lemak dapat menggunakan sekuen STIR. Sekuen ini akan menghasilkan image dengan *fat* berwarna gelap. Teknik ini di desain untuk menghilangkan sinyal lemak dan menonjolkan cairan serta *edema*. Pulsa paling sensitif untuk menilai perubahan patologis dan edema pada tulang dan jaringan lunak pada *spinal* (Fisnandya dkk., 2018).

Pemeriksaan MRI vertebra sering muncul masalah dengan adanya gangguan artefak pada hasil diagnostik yang disebabkan karena adanya pernafasan, pergerakan peristaltik pada organ disekitarnya, penggunaan pen, pembuluh darah serta adanya pergerakan pasien. Pemeriksaan MRI pada pasien yang menggunakan pen dapat menghasilkan artefak karena terdapat komponen logam yang merupakan suatu tantangan (Kudura dkk., 2020); (Park dkk., 2018). Artefak atau benda asing didalam tubuh pasien mungkin disalah artikan sebagai patologi atau bisa mengurangi kualitas, karena pen logam cenderung menghasilkan artefak besar (Kudura dkk., 2020); (Hayter dkk., 2011). Hal itu disebabkan karena adanya variasi terhadap medan magnet yang terbentuk antara interaksi di sekitar kandungan logam dengan kerentanan magnetik yang berbeda (Budrys dkk., 2018). Kerentanan magnetik logam akan jauh lebih tinggi dari pada jaringan, dikarenakan adanya distorsi medan magnet yang dihasilkan dapat menjangkau jauh melewati permukaan logam dan mempengaruhi kualitas informasi diagnostik, struktur anatomi dan klinis disekitarnya (Sutter dkk., 2013).

Dengan berkembangnya zaman banyak teknik yang dapat dilakukan untuk meminimalisir adanya artefak, Salah satunya dengan menggunakan sekuen *Multiacquisition Variabel*

Rasonance Imaging Combination (MAVRIC) yang dapat menunjukkan gambaran artefak jauh lebih kecil (Chen dkk., 2011); (Hayter dkk., 2011).

MAVRIC-SL mampu meminimalisir artefak dengan tanpa adanya distorsi akan tetapi membutuhkan waktu pemindaian yang lama (Hirano dkk., 2023); (Peschke dkk., 2021). Menurut Chen dkk., (2011) citra yang direkonstruksi dengan MAVRIC-SL memiliki *Signal Noise to Ratio* (SNR) yang lebih rendah. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan informasi citra MRI vertebra dengan sekuen STIR MAVRIC-SL dan T2 FSE FATSAT pada pasien yang menggunakan implan logam untuk mendapatkan hasil citra yang optimal.

METODE

Jenis penelitian ini adalah kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan informasi citra yang optimal antara sekuen STIR MAVRIC-SL dan T2 FSE FATSAT. Pengambilan data dilakukan pada bulan Juni 2022 – Desember 2023 di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Indriati Solo Baru dengan menggunakan pesawat MRI GE *Signa Explorer* 1,5 Tesla. Penelitian ini menganalisis sekuen STIR MAVRIC-SL dan T2 FSE FATSAT. Jumlah sampel pada penelitian ini adalah sebanyak 7 pasien yang menggunakan implan logam dan menjalani pemeriksaan MRI vertebra (3 pasien MRI *Cervicothoracal* dan 4 pasien MRI *Lumbosacral*), dengan menggunakan parameter sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter MRI Vertebra Cervicothoracal dan Lumbosacral Sekuen STIR MAVRIC-SL dan T2 FSE FATSAT

Parameter	<i>Cervicothoracal</i>		<i>Lumbosacral</i>	
	STIR MAVRIC-SL	T2 FSE FATSAT	STIR MAVRIC-SL	T2 FSE FATSAT
TR (ms)	5228	3294	5228	3000
TE (ms)	6.8	73.6	6.8	73.1
<i>Slice Thickness</i>	4.0	3.0	4.0	3.5
FOV (mm)	30 x 30	32 x 32	30 x 30	32 x 32
NEX (mm)	0.50	2.00	0.50	2.00
<i>Slice Gap</i>	0.0	0.6	0.0	0.6
Jumlah <i>slice</i>	24	24	24	24

Catatan: TR = *Time Repetition* ; TE = *Time Echo* ; FOV = *Field Of View* ; NEX = *Number Of Excitation*

Penilaian kuantitatif dilakukan dengan kuesioner yang dievaluasi oleh 2 observer (Dokter Spesialis Radiologi) dengan metode *visual grading analysis* (VGA) meliputi *corpus vertebrae*, *discus intervertebrae*, *spinal cord*, *foramen neuralis*, *pedicle*, *artefak logam*, dengan skala likert sebagai berikut:

Tabel 2. Standar Evaluasi Visibilitas Sekuens STIR MAVRIC-SL dan T2 FSE FATSAT

Anatomi		Artefak	
Skala	Keterangan	Skala	Keterangan
1	Kurang, informasi kurang tegas, kurang cerah, kurang jernih, dan buram	1	Kurang, artefak dalam jumlah besar, distorsi parah, sedikit kabur, dan visualisasi yang buruk
2	Cukup, informasi citra cukup jelas atau terlihat tetapi harus diamati dengan cermat	2	Cukup, artefak dalam jumlah sedang, distorsi sedang, keburaman yang hampir tidak terlihat, dan visualisasi sedang
3	Baik, informasi citra tegas, cerah, jernih, dan tidak buram	3	Baik, artefak dalam jumlah sedikit, sedikit distorsi, tidak kabur, dan visualisasi yang bagus

Data hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan uji *konsistensi Cohen's Kappa* untuk mengetahui tingkat persamaan persepsi para observer dan uji beda *Wilcoxon Signed Test* untuk mengetahui perbedaan informasi citra antar dua sekuen tersebut.

HASIL

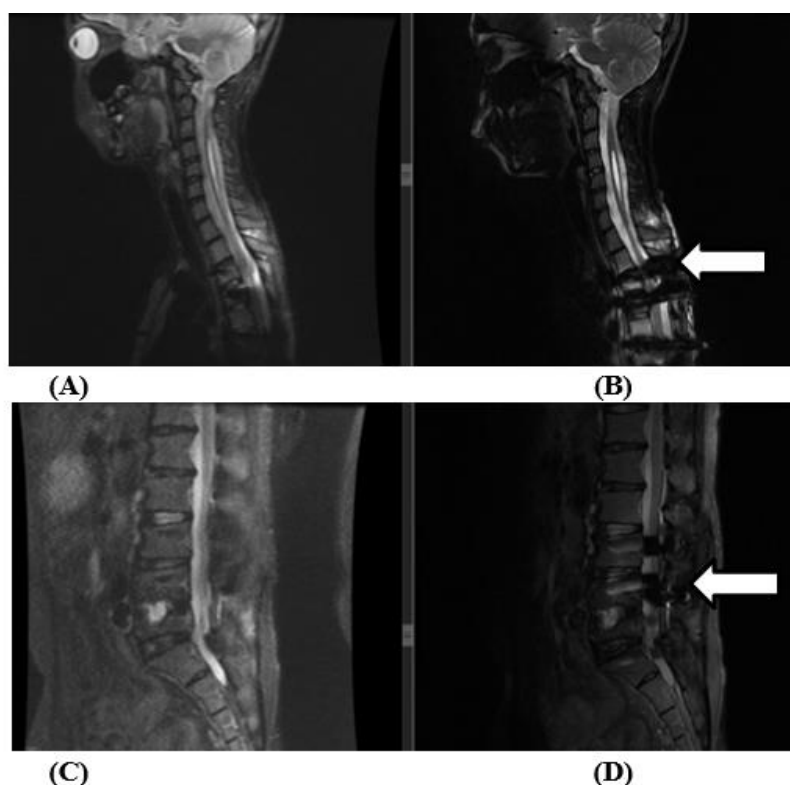
Penelitian ini menganalisis sekuen STIR MAVRIC-SL dan T2 FSE FATSAT yang dilakukan pada 7 sampel pasien yang menggunakan implan logam, dengan karakteristik sampel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Sampel Penelitian

Pemeriksaan	Rata-rata Usia	Jenis Kelamin	
		Laki-laki	Perempuan
MRI <i>Cervicothoracal</i>	46 ± 23,9	14,3 %	28,55 %
MRI <i>Lumbosacral</i>	50,75 ± 7,5	42,85 %	14,3 %

Pada sampel pemeriksaan MRI *Cervicothoracal* terdapat 2 pasien perempuan dan 1 pasien laki-laki, sedangkan pemeriksaan MRI *Lumbosacral* sebanyak 1 pasien perempuan dan 3 pasien laki-laki, dengan kategori umur masa lansia awal menurut Depkes RI tahun 2009 dalam (Sonang dkk, 2019).

Pemasangan implan logam merupakan hal yang lumrah dalam dunia bedah tulang belakang atau vertebra. Namun, pada pemeriksaan MRI sering kali dibatasi oleh artefak kerentanan logam, yang mengakibatkan hilangnya sinyal, tumpukan artefak, dan distorsi geometris yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil citra MRI *Cervicothoracal* potongan sagital dengan sekuen STIR MAVRIC-SL (A) dan T2 FSE FATSAT (B). Hasil citra MRI *Lumbosacral* potongan sagital dengan sekuen STIR MAVRIC-SL (C) dan T2 FSE FATSAT (D). Pada citra sekuen T2 FSE FATSAT (B) dan (D) masih terlihat gambaran artefak logam sangat jelas yang ditunjukkan oleh tanda panah dan mengakibatkan hilangnya sinyal atau gambaran yang terdapat implan logam menjadi hitam.

Hasil informasi anatomi tersebut dinilai oleh dua observer Dokter Spesialis Radiologi yang memiliki kemampuan ekspertisi di bidang pencitraan MRI lebih dari 5 tahun yang selanjutnya dianalisis dengan uji konsistensi *Cohen's Kappa* untuk mengetahui tingkat kesepakatan atau obyektifitas dari penilaian dua observer terhadap hasil informasi anatomi. Hasil uji konsistensi *Cohen's Kappa* menunjukkan bahwa rata-rata tingkat kesepakatan pada dari sekuen STIR MAVRIC-SL adalah 0,64. Sedangkan hasil rata-rata tingkat kesepakatan dari sekuen T2 FSE FATSAT adalah 0,603.

Setelah Uji konsistensi *Cohen's Kappa* kemudian dilakukan uji statistik *Wilcoxon Signed Test* untuk mengetahui perbedaan pada masing-masing kriteria terhadap sekuen STIR MAVRIC-SL dan T2 FSE FATSAT pada setiap kriteria pada pemeriksaan MRI Vertebra. Adapun hasil uji *Wilcoxon Signed Test* pada setiap kriteria yang dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Uji Statistik *Wilcoxon Signed Test* Perkriteria pada MRI Vertebra

No	Kriteria	Sekuen	Mean Rank	Signifikasi (p-value)
1	<i>Corpus Vertebrae</i>	STIR MAVRIC-SL	4,08	0,058 ^a
		T2 FSE FAT SAT	3,50	
2	<i>Discus Intervertebrae</i>	STIR MAVRIC-SL	3,50	0,020
		T2 FSE FAT SAT	0,00	
3	<i>Spinal Cord</i>	STIR MAVRIC-SL	4,00	0,011
		T2 FSE FAT SAT	0,00	
4	<i>Foramen Neuralis</i>	STIR MAVRIC-SL	3,00	0,038
		T2 FSE FAT SAT	0,00	
5	<i>Pedicle</i>	STIR MAVRIC-SL	1,00	0,317 ^a
		T2 FSE FAT SAT	0,00	
6	Artefak Logam	STIR MAVRIC-SL	4,00	0,014
		T2 FSE FAT SAT	0,00	

^a = *p-value* > 0,05, artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara STIR MAVRIC-SL dan T2 FSE FATSAT pada citra MRI Vertebra

Berdasarkan hasil uji beda *Wilcoxon Signed Test* pada anatomi *Corpus Vertebrae* dan *Pedicle* tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua sekuen tersebut. Sedangkan pada anatomi *Discus Intervertebrae*, *spinal cord*, *Foramen Neuralis*, dan kriteria artefak logam terdapat perbedaan yang signifikan.

Hasil uji *Wilcoxon Signed Test* secara keseluruhan antara kedua sekuen STIR MAVRIC-SL dan T2 FSE FATSAT pada MRI vertebra terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua sekuen tersebut.

Tabel 5. Hasil Uji Statistik *Wilcoxon Signed Test* Secara Keseluruhan pada MRI Vertebra

Sekuen	Mean Rank	Signifikasi (p-value)
STIR MAVRIC-SL	17,13	P<0,001
T2 FSE FATSAT	13,00	

Sekuen STIR MAVRIC-SL memiliki nilai *mean* yang lebih tinggi dibandingkan T2 FSE FATSAT, hasil tersebut menunjukkan STIR MAVRIC-SL lebih baik dalam menampilkan citra MRI vertebra dengan pasien menggunakan implan logam.

PEMBAHASAN

Informasi citra yang dinilai oleh dua observer menunjukkan nilai rata-rata tingkat kesepakatan diatas 0,60. Rata-rata tingkat kesepakatan pada dari sekuen STIR MAVRIC-SL adalah 0,64. Sedangkan hasil rata-rata tingkat kesepakatan dari sekuen T2 FSE FATSAT

adalah 0,603. Menurut Sim dan Wright (2005) dalam Utami (2019), suatu ukuran kesepakatan antara dua observer dalam mengklasifikasi beberapa subyek ke dalam kategori mufakat (obyektif) jika nilai *Cohen's Kappa* dalam rentang <0,00 (tidak valid), 0,01-0,20 (sangat rendah), 0,21-0,40 (rendah), 0,41-0,60 (sedang), 0,61-0,80 (tinggi), 0,81-0,1,00 (sangat tinggi). Berdasarkan hasil tersebut dinyatakan kedua sekuen memiliki nilai konsistensi yang obyektif.

Pada kriteria anatomi *Corpus Vertebrae* terlihat sama besar, jelas, serta tajam. Sedangkan pada anatomi *Pedicle* kurang tervisualisasi pada potongan sagital karena struktur anatomi *Pedicle* yang kecil. Pada penelitian R. W. Lee dkk., (2022) pembobotan T2 memiliki peran yang saling melengkapi dalam visualisasi detail anatomi dan pada penggunaan sekuen MAVRIC-SL memvisualisasikan struktur tulang dapat terlihat baik. Menurut penelitian Prayoga (2017), citra yang kurang tegas dikarenakan dengan teknik penekanan yang tidak merata, sehingga ada bagian-bagian tertentu yang belum tersupres.

Anatomi *Discus Intervertebrae* terdapat perbedaan yang signifikan antara sekuen STIR MAVRIC-SL dan T2 FSE FATSAT. Kedua sekuen tersebut mampu menampilkan kandungan cairan dengan jelas. Akan tetapi, pada sekuen STIR MAVRIC-SL artefak logam tidak tervisualisasi. Akan tetapi, pada T2 FSE FATSAT *Discus Intervertebrae* di area implan logam terlihat kabur atau hitam karena mengalami kekosongan sinyal. Menurut penelitian Hayter dkk., (2011) penggunaan sekuen MAVRIC-SL secara signifikan meningkatkan visualisasi cairan dan menghasilkan deteksi patologi pada cairan secara baik. Selaras dengan riset Lu dkk., (2015) menyatakan bahwa secara relevan sekuen MVRIC-SL mereduksi artefak logam pada citra walaupun tampak lebih blurring. Adanya efusi dan peradangan pada organ yang menyebabkan adanya penumpukan cairan yang berlebih hanya tampak pada MAVRIC-SL.

Pada anatomi *Foramen Neuralis* terdapat perbedaan yang signifikan. Sekuen STIR MAVRIC-SL dapat memvisualisasikan *Foramen Neuralis* cukup jelas. Akan tetapi, dalam hal klinis perubahan sinyal pada foramen neuralis tidak cukup divisualisasikan, karena sedikit terlihat kabur dan penurunan kontras pada T2 FSE FATSAT. *Spinal Cord* terdapat perbedaan yang signifikan. Pada sekuen T2 FSE FATSAT kurang dalam mendeteksi lesi karena *spinal cord* memiliki ketebalan bantalan lemak. Gambaran *soft tissue* pada sekuen STIR MAVRIC-SL memiliki gambaran yang jelas, dimana lemak ditekan dengan baik sehingga gambaran tampak *hipointense*. Menurut Alcaide dkk., (2016) pada anatomi *spinal cord* sekuen STIR MACRIC-SL dapat meningkatkan jumlah lesi karena beberapa area mendapatkan pulsa inversi yang berbeda serta ketika menggunakan urutan pulsa inversi ganda.

Area artefak logam terdapat perbedaan yang signifikan. Pada sekuen STIR MAVRIC-SL terlihat adanya peningkatan noise, namun mampu mengurangi artefak pada citra yang tertanam implan logam, serta dapat mendeteksi lesi dibandingkan dengan T2 FSE FATSAT. Menurut Susa dkk., (2015) MAVRIC-SL menggunakan *Echo Train Length* (ETL) dengan beberapa rentang frekuensi yang berbeda. Hal ini menyebabkan minimalnya distorsi gambar dan memberiksan *rasio signal to noise* (SNR) yang tinggi.

Berdasarkan uji *Wilcoxon Signed Test* secara keseluruhan antara kedua sekuen tersebut, hasil uji menunjukkan *Mean Rank* pada sekuen STIR MAVRIC-SL lebih tinggi dari sekuen T2 FSE FATSAT. Pada Sekuen STIR MAVRIC-SL mampu mereduksi artefak secara efektif dan meminimalkan distorsi pada hasil citra, sedangkan pada sekuen T2 FSE FATSAT masih terdapat citra artefak, karena terdapat kekosongan sinyal pada area implan logam.

Pada penelitian ini sekuen STIR MAVRIC-SL secara efektif mengurangi area kekosongan sinyal yang nyata, hampir tidak ada distorsi geometrik, dan tumpukan sinyal. Sehingga menghasilkan visualisasi struktur anatomi yang lebih baik. Secara khusus sekuen STIR MAVRIC-SL pada potongan sagital dengan jelas memvisualisasikan sumsum tulang belakang dan vertebra yang merupakan struktur penting untuk mengevaluasi patologi. Kelemahan dalam penelitian ini adalah jumlah sampel pasien yang terlalu sedikit. MAVRIC-SL memperoleh gambar menggunakan akuisisi 3D dengan peningkatan jumlah eksitasi untuk memperoleh data

setiap lempengan yang tereksitasi, sehingga menghasilkan waktu pemindaian yang lama dibandingkan dengan T2 FSE FATSAT yang terakuisisi 2D (R. W. Lee dkk., 2022). Dalam waktu pemindaian yang lama MAVRIC-SL dapat mengurangi artefak logam disekitar implan logam kecil bahkan pada medan magnet yang berkekuatan lebih tinggi (Lu dkk., 2015). MAVRIC-SL juga dapat mengkoreksi artefak logam melalui pengkodean yang kuat dari setiap irisan yang tereksitasi terhadap ketidakhomogenan magnet yang disebabkan oleh logam, dan bagus digunakan pada tulang belakang dan sendi lutut (W. Lu dkk., 2009).

KESIMPULAN

Pada penelitian ini sekuen STIR MAVRIC-SL secara efektif dapat mengurangi artefak logam pada pemeriksaan MRI Vertebra, karena dapat mengurangi area kekosongan sinyal sehingga menghasilkan visualisasi struktur anatomi yang lebih baik dari pada sekuen T2 FSE FATSAT. Berdasarkan hasil penelitian untuk menggunakan sekuen STIR MAVRIC-SL pada pemeriksaan MRI dengan pasien yang menggunakan implan logam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada RS Indriati Solo Baru yang telah memberikan izin dalam proses penelitian, Dosen Pembimbing dan semua pihak yang telah membantu serta membimbing dalam penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alcaide-Leon, P., Pauranik, A., Alshafai, L., Rawal, S., Oh, J., Montanera, W., Leung, G., & Bharatha, A. (2016). Comparison of Sagittal FSE T2, STIR, and T1-weighted phase-sensitive inversion recovery in the detection of spinal cord lesions in MS at 3T. *American Journal of Neuroradiology*, 37(5), 970–975. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4656>
- Budrys, T., Veikutis, V., Lukosevicius, S., Gleizniene, R., Monastyreckiene, E., & Kulakiene, I. (2018). Artifacts in magnetic resonance imaging: How it can really affect diagnostic image quality and confuse clinical diagnosis? *Journal of Vibroengineering*, 20(2), 1202–1213. <https://doi.org/10.21595/jve.2018.19756>
- Chen, C. A., Chen, W., Goodman, S. B., Hargreaves, B. A., Koch, K. M., Lu, W., Brau, A. C., Draper, C. E., Delp, S. L., & Gold, G. E. (2011). New MR Imaging Methods for Metallic Implants in the Knee: Artifact Correction and Clinical Impact. *J Magn Reson Imaging*, 33(5), 1121–1127. <https://doi.org/10.1002/jmri.22534>
- D'Aprile, P., Nasuto, M., Tarantino, A., Cornacchia, S., Guglielmi, G., & Randy Jinkins, J. (2018). Magnetic Resonance Imaging in degenerative disease of the lumbar spine: Fat Saturation technique and contrast medium. *Acta Biomedica*, 89, 208–219. <https://doi.org/10.23750/abm.v89i1-S.7024>
- Fisnandya Meita Astarti, Rasyid, & Fatimah. (2018). Perbedaan Informasi Citra Diagnostik Antara Sekuen T2 Tse Stir Dan T2 Tse Dixon Pada Pemeriksaan Mri Lumbal Potongan Sagital Dengan Kasus Radiculopathy. In *JRI (Jurnal Radiografer Indonesia)* (Vol. 1, Issue 1, pp. 52–60). <https://doi.org/10.55451/jri.v1i1.12>
- Frost, B. A., Espinosa, S. C., & Foster, E. J. (2019). Materials for the Spine: Anatomy, Problems, and Solutions. *Materials*, 1–41. <https://doi.org/10.3390/ma12020253>
- Hayter, C. L., Koff, M. F., Shah, P., Koch, K. M., Miller, T. T., & Potter, H. G. (2011). MRI after arthroplasty: Comparison of MAVRIC and conventional fast spin-echo techniques. *American Journal of Roentgenology*, 197(3), 405–411. <https://doi.org/10.2214/AJR.11.6659>

- Hirano, M., Muto, Y., Kuroda, M., Fujiwara, Y., Sasaki, T., Kuroda, K., Kamizaki, R., Imajoh, S., Tanabe, Y., Al-Hammad, W., Nakamitsu, Y., Shimizu, Y., Sugimoto, K., Oita, M., Sugianto, I., & Bamgbose, B. (2023). Quantitative evaluation of the reduction of distortion and metallic artifacts in magnetic resonance images using the multiacquisition variable-resonance image combination selective sequence. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 25(3), 1–9. <https://doi.org/10.3892/etm.2023.11808>
- Kudura, K., Oblasser, T., Ferraro, D. A., Mader, C. E., Husmann, L., Friedrich, K., ter Voert, E. E. G. W., & Burger, I. A. (2020). Metal artifact reduction in 68Ga-PSMA-11 PET/MRI for prostate cancer patients with hip joint replacement using multiacquisition variable-resonance image combination. *European Journal of Hybrid Imaging*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s41824-020-00075-x>
- Kumar, Y., & Hayashi, D. (2016). Role of magnetic resonance imaging in acute spinal trauma: A pictorial review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 17(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12891-016-1169-6>
- Lee, R. W., Kim, Y. J., Yoon, D., Lee, S., & Ryu, J. (2022). Multiacquisition with variable resonance image combination T2 (MAVRIC SL T2) for postoperative cervical spine with artificial disc replacement. *Scientific Reports*, 2, 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23358-8>
- Lenski, M., Büser, N., & Scherer, M. (2017). Concomitant and previous osteoporotic vertebral fractures. *Acta Orthopaedica*, 88(2), 192–197. <https://doi.org/10.1080/17453674.2016.1273644>
- Lu, H., Mazaheri, Y., Zhang, R., Jesmanowicz, A., & Hyde, J. S. (2015). MRI Near Metallic Implants Using MAVRIC SL: Initial Clinical Experience at 3T. *Acad Radiol*, 1222(3), 1215–1222. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2014.09.010.MRI>
- Lu, W., Pauly, K. B., Gold, G. E., Pauly, J. M., & Hargreaves, B. A. (2009). SEMAC: Slice encoding for metal artifact correction in MRI. *Magnetic Resonance in Medicine*, 62(1), 66–76. <https://doi.org/10.1002/mrm.21967>
- M. Dzawin Nuha, Lana Prasetya, & Bagus Gede Dharmawan. (2022). PERBEDAAN INFORMASI CITRA ANATOMI PADA PEMERIKSAAN MRI LUMBAL T2WI TSE FAT SATURATION DAN T2WI TSE DIXON POTONGAN SAGITAL PADA KLINIS HERNIA NUCLEUS PULPOSUS DI RSUP PROF Dr I GOESTI NGOERAH GDE NGOERAH DENPASAR. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Kedokteran*, 1(2), 38–47. <https://doi.org/10.55606/jurrike.v1i2.525>
- Park, S. Y., Zacharias, C., Harrison, C., Fan, R. E., Kunder, C., Hatami, N., Giesel, F., Ghanouni, P., Daniel, B., Loening, A. M., Sonn, G. A., & Iagaru, A. (2018). Gallium 68 PSMA-11 PET/MR Imaging in Patients with Intermediate- or High-Risk Prostate Cancer. *Radiology*, 288(2), 495–505. <https://doi.org/10.1148/radiol.2018172232>
- Peschke, E., Ulloa, P., Jansen, O., & Hoeverner, J. B. (2021). Metallic Implants in MRI - Hazards and Imaging Artifacts. *Fortschr Rontgenstr*, 193(11), 1285–1293. <https://doi.org/10.1055/a-1460-8566>
- Susa, M., Oguro, S., Kikuta, K., Nishimoto, K., Horiuchi, K., Jinzaki, M., Nakamura, M., Matsumoto, M., Chiba, K., & Morioka, H. (2015). Novel MR imaging method - MAVRIC - for metal artifact suppression after joint replacement in musculoskeletal tumor patients. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 16(1), 4–9. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0838-1>
- Theodorou, D. J., Theodorou, S. J., Kakitsubata, S., Nabeshima, K., & Kakitsubata, Y. (2020). Abnormal conditions of the diskovertebral segment: MRI with anatomic-pathologic correlation. *American Journal of Roentgenology*, 214(4), 853–861. <https://doi.org/10.2214/AJR.19.22081>
- Westbrook, Catherine. (2014). *Handbook of MRI Technique (Fourth Edition)*. Cambridge: Wiley Blackwell.