

Analisis Penggunaan Semac Dalam Mereduksi Artefak Pada MRI Dengan *Metal Prothesis*

Henni Rahayu¹ Asumsje Tarigan² Mahfudz Edi³ Khairil Anwar⁴ Eka Putra Syarif⁵ Heriyanto⁶
¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾Programme of study Radiodiagnostic and Radiotherapy Techniques, Poltekkes Kemenkes Jakarta II,
⁶⁾Radiology Installation of Fatmawati Central General Hospital

Corresponding author: Henni Rahayu
Email: heniheny@gmail.com

ABSTRACT

Background: The need to display lesions close to the area where orthopaedic implants are placed requires the use of metal artefact reduction techniques with optimal examination time. The presence of metal implants in MRI can cause substantial image artefacts, including signal loss, fat suppression failure, geometric distortion, and hyperintense signal pile up artefacts. This leads to large resonant frequency changes and failure of many MRI mechanisms. SEMAC or Slice Encoding Metal Artefact Correction is a sequence or algorithm to reduce metal artefacts caused by implant magnetic susceptibility but the acquisition time is quite long. The need to display lesions close to the area where orthopaedic implants are placed requires the use of metal artefact reduction techniques with optimal examination time. The presence of metal implants in MRI can cause substantial image artefacts, including signal loss, fat suppression failure, geometric distortion, and hyperintense signal pile up artefacts. This leads to large resonant frequency changes and failure of many MRI mechanisms. SEMAC or Slice Encoding Metal Artefact Correction is a sequence or algorithm to reduce metal artefacts caused by implant magnetic susceptibility but the acquisition time is quite long.

Methods: This research applies an analysis qualitative descriptive method using a phantom approach with a metal prosthesis type SS 316L executed at Fatmawati Central General Hospital in October 2023. As for the population used, it is phantom with a sample of 18 patents. Data collection methods are namely observation and interviews. The research instruments were observation sheets and interview guidelines.

Results: The analysis results show that signal loss artefacts are still quite extensive and interfere with the image, signal loss can be reduced by increasing the SES value. Signal pile up artefacts are few and do not disturb the image. The implant edge structure cannot be visualised close to the original shape because the artefacts are quite extensive and distorted in the implant area.

Conclusions: The SEMAC sequence with the selection of SES values of 6, 10 or 15 is one way to reduce metal artefacts and can be combined with grappa to shorten the acquisition time.

Keyword : MRI, SEMAC, *artifact, signal pile up, signal loss, distortion*

Pendahuluan

Penyakit muskuloskeletal dapat terjadi di seluruh perjalanan hidup, dari masa kanak-kanak hingga usia lanjut. Mulai dari kondisi yang muncul secara tiba-tiba dan berlangsung singkat seperti patah tulang, keseleo dan tegang, hingga kondisi kronis. Lebih dari 150 macam penyakit muskuloskeletal yang memengaruhi sistem dan ditandai dengan gangguan pada otot, tulang, sendi, dan jaringan ikat yang berdekatan yang menyebabkan keterbatasan fungsi gerak sementara atau seumur hidup. Kondisi penyakit muskuloskeletal biasanya ditandai dengan rasa sakit yang sering kali menetap dan keterbatasan dalam

mobilitas dan ketangkasan (Musculoskeletal Health, 2022)

Bedah ortopedi merupakan prosedur medis yang dilakukan untuk mengatasi kondisi yang melibatkan sistem muskuloskeletal.(Winona Katyusha;Nurul Fajriah Afiatunnisa, 2022). Perkembangan ilmu kedokteran ortopedi telah meningkatkan jumlah pasien yang menggunakan implan , namun kehadiran implan tersebut rumit, dan pencitraan tulang dan jaringan di sekitarnya diperlukan ketika terjadi masalah(Vrachnis et al., 2017)

Pemeriksaan MRI merupakan indikasi untuk dugaan infeksi pada kasus prosthesis tumor dan pseudotumor (Weber et al., 2015). Kegagalan pemasangan implan paling sering terjadi karena dua alasan, pelonggaran aseptik atau infeksi, di mana

keduanya dapat secara signifikan mempengaruhi kualitas hidup pasien (Lohmann et al., 2017). Kelainan yang dicurigai seperti pelonggaran aseptik, pseudotumor, tumor, infeksi dan abses, fraktur, kelainan nonunion atau jaringan lunak memerlukan penyelidikan lebih lanjut. Untuk tindakan dan pengobatan yang tepat. Selain riwayat pasien, pemeriksaan fisik, data laboratorium, dan radiografi polos, pencitraan resonansi magnetik (MRI) telah menjadi alat diagnostik yang penting sebagai follow up pemasangan implant (Jungmann et al., 2017)

Magnetic Resonance Imaging (MRI), adalah metode pencitraan tiga dimensi dengan kontras jaringan yang lebih baik jika dibandingkan dengan metode lainnya (Lohmann et al., 2017). Pemeriksaan MRI diperlukan pada indikasi tumor pada pemasangan implan prosthesis dan pseudotumor (M.-A. Weber et al., 2015). Komplikasi pseudotumor dari tindakan artroplasti pinggul total (THA) diidentifikasi dengan baik pada pencitraan MRI dengan memakai sequence pereduksi artefak logam (MARS-MRI). (Smeekes et al., 2018)

Pemeriksaan MRI adalah metode pencitraan medis menggunakan magnet yang penting untuk mendapatkan gambaran yang detail tentang struktur internal tubuh manusia tanpa menggunakan radiasi ionisasi. Namun, keberadaan prosthesis yang mengandung bahan logam dalam tubuh dapat menghasilkan artefak pada gambar MRI, yang dapat mengaburkan struktur sekitarnya dan menyulitkan interpretasi yang akurat. Bahan magnet atau implan logam pada tubuh pasien mengakibatkan munculnya area hitam pada organ sehingga dapat merusak suatu image (Astuti et al., 2017). Penggunaan MRI untuk memantau perubahan pada tulang rawan setelah implanasi prosthesis belum diterapkan secara luas karena gambar MRI umumnya dipengaruhi oleh artefak yang dihasilkan oleh prosthesis logam (Meng et al., 2021) Keberadaan implan logam di MRI dapat menyebabkan artefak gambar yang substansial, termasuk kehilangan sinyal, kegagalan supresi lemak, distorsi geometrik, dan artefak penumpukan sinyal hiperintens. Ini menyebabkan perubahan frekuensi resonansi yang besar dan kegagalan banyak mekanisme MRI. Diperlukan pemilihan parameter dan urutan pulsa yang tepat untuk menghindari atau mengurangi artefak (Hargreaves et al., 2011)

Artefak dapat didefinisikan sebagai fitur dalam gambar yang salah mengartikan objek pada bidang tampilan (*Field Of View*). Ini bisa menjadi sinyal

terang yang terdapat di luar tubuh, atau kurangnya sinyal di mana seharusnya ada sesuatu. Mungkin juga distorsi dalam gambar, sehingga garis lurus muncul melengkung, atau area tertentu diperbesar atau diperkecil. Artefak yang disebabkan oleh metal dapat di kurangi dengan menggunakan *receiver bandwidth* atau mengurangi Time Echo (TE), akan tetapi artefak tersebut tidak dapat dihilangkan secara keseluruhan (McRobbie et al., 2017a).

Beberapa variasi teknik penekanan artefak logam seperti *Fast Spin Echo* (FSE), pemosisian pasien, dan penggunaan lebar pita yang tinggi telah dilaporkan, tetapi masih ada tantangan yang signifikan dalam mendeteksi lesi kecil di dekat implan logam. (Susa et al., 2015) Artefak pada gambar MRI dapat mengaburkan struktur sekitarnya dan menyulitkan interpretasi yang akurat.

Untuk mengurangi artefak, ada dua pendekatan umum yang ditemukan: optimasi parameter dalam *sequence* standar (*echo time*, *slice thickness*, *bandwidth*) dan *sequence* khusus, seperti VAT, OMAR, WARP, SEMAC, dan MAVRIC. Metode-metode ini mengurangi artefak dan meningkatkan kualitas gambar, akan tetapi secara significant meningkatkan waktu pemindaian. Implan logam dapat menimbulkan risiko bagi pasien dan sering kali menghasilkan artefak pencitraan. Karena meningkatnya jumlah implan, mengurangi artefak ini telah menjadi tujuan penting. (Peschke et al., 2021a)

Slice Encoding Metal Artefact Correction / SEMAC dapat dengan signifikan mereduksi metal artefak lebih baik dibandingkan dengan metode standar akan tetapi mempunyai kekurangan, yaitu meningkatnya waktu pemeriksaan (Jawhar et al., 2019) yang akan beresiko meningkatkan SAR dan kenyamanan pasien pada saat dilakukan pemeriksaan sehingga kemungkinan pergerakan pada objek pemeriksaan semakin besar. MRI adalah modalitas pencitraan yang relatif mahal dan memakan waktu. Waktu akuisisi yang lama membatasi jumlah pasien yang dapat menggunakan layanan ini dan mengurangi kegunaan MRI dan sedangkan pemakaian pencitraan dengan kecepatan pencitraan yang tinggi sangat dibutuhkan. (Jaspan et al., 2015). Teknik SEMAC bertujuan untuk memperbaiki artefak dengan sampling ketebalan potongan dengan *phase encoding*. Hal ini memungkinkan lokasi proton di sepanjang sumbu pemilihan *slice* menggunakan koordinat fase. Proton dengan fase yang sama dikombinasikan untuk mendapatkan potongan yang tidak terdistorsi. Untuk lebih membatasi distorsi dalam bidang,

teknik SEMAC umumnya dikombinasikan dengan opsi *View Angle Tilting / VAT*. Penggunaan gradien pengkodean fase tambahan ini meningkatkan waktu akuisisi hingga 10 menit.(Dillenseger et al., 2016) Untuk mengurangi distorsi dalam bidang VAT disugestikan dalam hubungannya dengan urutan putaran. VAT mengeksplorasi fakta bahwa distorsi bergantung pada kekuatan gradien dari gradien pemilihan irisan. Untuk mengkompensasi efek *off-resonansi* dari gradien pemilihan irisan, gradien tambahan digunakan selama pembacaan, setara dengan yang digunakan untuk pemilihan irisan. Gradien tambahan menghasilkan kemiringan arah pembacaan. Kemiringan arah pembacaan mengurangi artefak dalam bidang, tetapi dengan kelemahan pada bagian tepi yang kabur(Peschke et al., 2021a)

VAT hanya mampu mengurangi distorsi dalam bidang. SEMAC disarankan untuk mengurangi distorsi melalui bidang, yang dapat diterapkan sebagai tambahan pada VAT. SEMAC didasarkan pada urutan spin echo 2D konvensional, yang menggunakan langkah pengkodean fase tambahan dalam arah pemilihan irisan, yang mengurangi distorsi irisan. Pengetahuan tentang distorsi irisan dapat digunakan pada langkah pasca-pemrosesan, di mana setiap irisan dikodekan dan direkonstruksi secara individual. Jumlah langkah pengkodean irisan bergantung pada tingkat distorsi geometris. Seperti metode lain yang disebutkan, kekurangan dari urutan ini adalah waktu pemindaian yang bertambah sekitar 10 menit(Peschke et al., 2021a)

SEMAC dapat dilakukan dengan menentukan tingkatan langkah encoding SEMAC atau Slice Encoding Selection (SES) maksimal sampai 32, dengan menentukan nilai SES maka juga mengaktifkan VAT sebanyak 100 %. Nilai SES berbanding lurus dengan waktu pemeriksaan(Otazo et al., 2017). Metode-metode sequence khusus seperti SEMAC mengurangi artefak dan meningkatkan kualitas gambar, meskipun secara signifikan meningkatkan waktu pemindaian. Dengan pemakaian *Accelerated Imaging* akan mempersingkat waktu pemindaian secara signifikan, sehingga penggunaan rutin dapat dilakukan(Peschke et al., 2021)

RSUP Fatmawati adalah Rumah Sakit rujukan pusat bedah orthopedi, yang tindakan bedah orthopedi tersebut diantaranya pemasangan dan evaluasi tindakan *prosthesis / implan* orthopedi, sehingga pemeriksaan MRI dengan implan cukup sering ditemui di Instalasi Radiologi RSUP Fatmawati, namun penggunaan SEMAC masih

belum digunakan karena waktu akuisisi yang terlalu lama.

Dengan adanya kebutuhan untuk menampilkan lesi yang dekat dengan area terpasangnya implan orthopedi maka diperlukan teknik reduksi artefak metal dengan waktu pemeriksaan yang optimal berdasarkan hal tersebut penulis tertarik untuk menganalisa prosedur pemeriksaan MRI pada metal prosthesis dengan menggunakan SEMAC dengan Judul “Analisis Penggunaan SEMAC (*Slice Encoding Metal Artifact Correction*) Pada Pemeriksaan MRI Dengan Metal *Prosthesis* di RSUP Fatmawati”.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis artefak *signal loss, signal pile up*, luas artefak dan distorsi pada penggunaan *sequence* SEMAC. Untuk mengurangi waktu akuisisi yang lama maka *sequence* SEMAC dengan pemilihan *Slice Encoding Selection / SES* 6,10,15 dikombinasikan dengan *parallel imaging* Grappa 2 dan 3

Metode

Penelitian ini menggunakan analisis kualitatif deskriptif menggunakan phantom dengan metal prosthesis jenis SS 316L di RSUP Fatmawati di bulan Oktober 2023, populasi berupa phantom dengan sample berjumlah 18 gambar. Metode pengumpulan data adalah dengan observasi dan wawancara. Instrumen penelitian adalah lembar observasi dan pedoman wawancara. Penelitian ini telah mendapatkan ijin dengan nomor DP.04.03/DXXI.2/12911/2023

Hasil dan Pembahasan

Pemeriksaan MRI dilakukan pada sampel phantom implan buatan kemudian dipilih irisan yang mewakili munculnya karakteristik metal *susceptibility* artefak, yaitu gambaran yang mempunyai artefak penumpukan sinyal / *signal pile up* yaitu berupa bayangan hiperintens, artefak hilangnya sinyal / *signal loss* berupa bayangan *hiperintense* dan distorsi yaitu berupa perubahan bentuk yang tidak sesuai dengan bentuk aslinya. Alat dan bahan yang digunakan antara lain:

- a. Pesawat MRI Siemens Altea 1.5 Tesla 70cm *bore* dan 180 *channel* dan *console* komputer
- b. *Spine array coil* dan *fleksi coil* 18 *channel*
- c. Perangkat komputer
- d. Wadah plastik
- e. Implan orthopedi
- f. Tulang sapi
- g. Agar-agar
- h. Air

Persiapan yang dilakukan ialah membuat Phantom dari tulang sapi yang ditempelkan implan *medical grade* jenis *T plate Stainless Steel* tipe SS 316 L, kemudian di benamkan dalam 2000 ml larutan agar - agar didalam wadah plastik.



Gambar 1. Posisi implan terhadap tulang sapi yang diletakkan di tengah wadah plastik



Gambar 2. Phantom buatan yang terbuat dari agar, tulang sapi dan implan SS 316L, dengan diberikan ganjalan di tengah wadah sehingga posisi tulang tepat berada di tengah, meniru posisi tulang yang ada dalam jaringan tubuh manusia.

Teknik Pemeriksaan yang dilakukan adalah: Letakkan phantom sejajar dengan sumbu panjang phantom sejajar meja pemeriksaan. Letakkan fleksi coil menutupi phantom. Atur central poin pada pertengahan coil phantom. Masukkan data dalam computer console dengan Berat badan 55 kg dan tinggi badan 155 cm. Buat topogram dengan orientasi axial sagital dan coronal. Buat sequence T2 rutin pada phantom buatan dengan parameter sesuai dengan tabel 1 dan Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Gambaran MRI tanpa SEMAC

Tabel 1. Parameter pemeriksaan MRI rutin

Parameter	T2 Ax	T2 Sag	T2 Cor
(TR)	3730	3730	3730
(TE)	67	67	73
SNR	1	1	1
Bandwidth	159	159	161
FOV Phase	100	100	100
FOV Read	160	160	200
Slices	30	30	10
Thickness	3	3	2,5
Distance Factor	0	0	20
Average	1	1	1
Concatination	2	2	1
Matrix	0,4 x 0,4 x 3	0,5 x 1,5 x 3	0,4 x 0,4 x 3

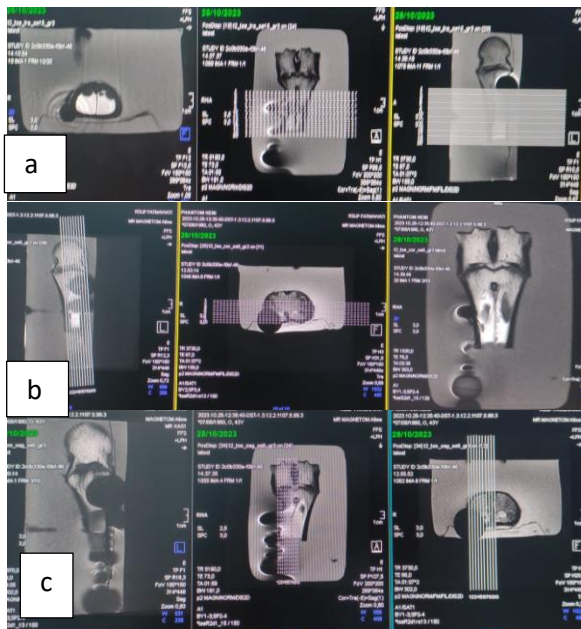
Sequence T2 SEMAC digunakan untuk pemeriksaan MRI phantom mengaktifkan VAT dan menaikkan bandwidth, parameter tersebut tetap Sebagai variable bebas ditambahkan SES 6,10,15 dan grappa 2 dan grappa 3 seperti pada tabel.

Tabel 2. Parameter pemeriksaan MRI SEMAC

Parameter	T2 Ax	T2 Sag	T2 Cor
TR	3380	2800	1730
TE	85	66	76
SNR	1	1	1
Bandwidth	303	303	302
FOV Phase	100	100	100
FOV Read	160	200	160
Slices	20	10	10
Thickness	3	3	3
Distance Factor	0	0	0
Average	1	1	1
Concatination	1	1	1
Matrix	0,4 x 0,4 x 3	0,5 x 1,5 x 3	0,4 x 0,4 x 3

Irisan axial, coronal dan sagital dibuat dengan mencakup keseluruhan phantom dan melakukan verivikasi pada bidang topogram lainnya yaitu tegak lurus pada bidang lainnya seperti pada gambar 4.a untung planing axial, Gambar 4.b untuk planing coronal dan Gambar 4.c untuk planing sagital.

Hasil gambaran dan paramter kemudian di dokumentasikan pada CD dan excel spread sheet.



Gambar 4. Planing Axial (a), Sagital (b) Coronal (c)

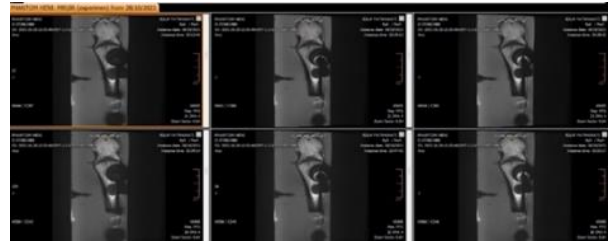
Dari eksperimen yang dilakukan pada phantom dengan variasi SES dan grappa diperoleh hasil gambaran axial,coronal, sagital dengan Contoh hasil gambaran experiment pada orientasi axial pada gambar 5.coronal pada gambar 6 dan sagital pada gambar 7



Gambar 5 Orientasi axial pada SEMAC dari kiri ke kanan 6,10 dan 15 dan grappa 2 atas , grappa 3 bawah.



Gambar 6. Proyeksi coronal pada SEMAC dari kiri ke kanan 6,10 dan 15 dan grappa 2 atas , grappa 3 bawah

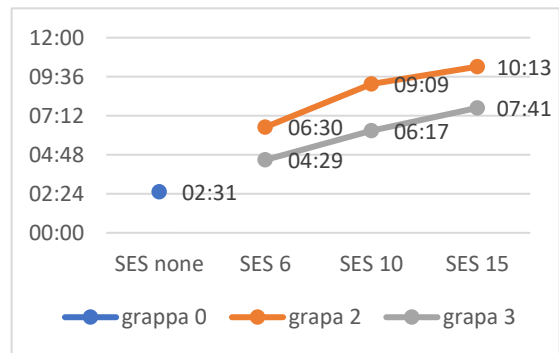


Gambar 7. Orientasi sagital pada SEMAC dari kiri ke kanan 6,10 dan 15 dan grappa 2 atas , grappa 3 bawah

Rekapitulasi nilai *time acquisition* orientasi axial berdasarkan pemilihan grappa dan SES pada tabel 3 dan divisualisasi pada gambar.

Tabel 3. Rekapitulasi time acquisition axial pada penggunaan SES dan grappa

	SES 0	SES 6	SES10	SES 15
Grappa 0	02:31	-	-	-
Grappa 2	-	06:30	09:09	10:13
Grappa 3	-	04:29	06:17	07:41

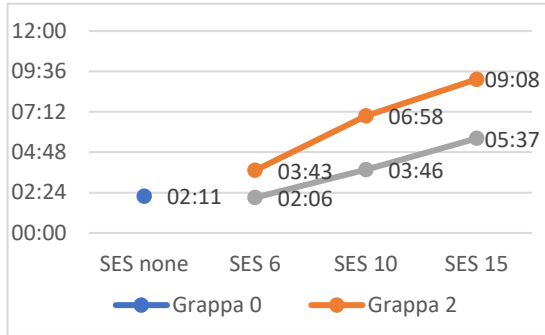


Gambar 8. Grafik waktu pemeriksaan axial

Rekapitulasi nilai *time acquisition* orientasi coronal berdasarkan pemilihan grappa dan SES pada tabel 4.dan divisualisasi pada gambar 9.

Tabel 4. Rekapitulasi time acquisition coronal pada penggunaan SES dan grappa

	SES 0	SES 6	SES10	SES 15
Grappa 0	02:11	-	-	-
Grappa 2	-	03:43	06:58	09:08
Grappa 3	-	02:06	03:46	05:37

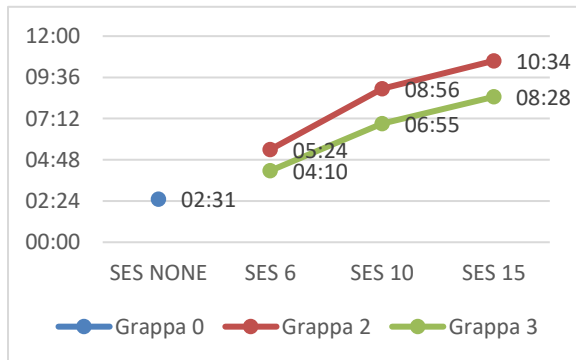


Gambar 9. Grafik waktu pemeriksaan coronal

Rekapitulasi nilai *time acquisition* orientasi coronal berdasarkan pemilihan grappa dan SES pada tabel 5 dan divisualisasi pada gambar 10

Tabel 5. Rekapitulasi time acquisition sagital pada penggunaan SES dan grappa

	SES 0	SES 6	SES 10	SES 15
Grappa 0	02:31	-	-	-
Grappa 2	-	05:24	08:56	10:34
Grappa 3	-	04:10	06:55	08:28



Gambar 10. Grafik waktu pemeriksaan sagital

Kuesioner diisi oleh dokter spesialis radiologi yang berpengalaman lebih dari 4 tahun dan mempunyai Surat Ijin Praktek aktif. Pertanyaan yang diajukan pada kuisisioner terfokus pada karakteristik *susceptibility* artefak yang terdiri luas artefak, sinyal *loss*, signal *pile up* dan distorsi. Pertanyaan pada kuisisioner bersifat tertutup yaitu peneliti menyediakan pilihan jawaban untuk dipilih oleh dokter spesialis radiologi menggunakan skala likert yang terdiri dari 5 level, sesuai dengan tabel 6.

Gambar yang disajikan pada kuisisioner tidak mencantumkan tanggal, jenis orientasi dan nilai parameter. Urutan pertanyaan pada kuisisioner dibuat secara acak dalam tiap kelompok orientasi irisan.. Kemudian hasil gambaran MRI implan dengan SEMAC tersebut dikelompokkan berdasarkan

orientasi untuk kemudian dijadikan acuan untuk analisa hasil jawaban kuisisioner.

Tabel 6. Kriteria penilaian pada kuisisioner dengan Skala Likert

Kriteria penilaian dari artefak yang muncul	Bobot
Sangat luas dan banyak sehingga sangat mengganggu gambaran	1
Cukup luas dan banyak sehingga cukup mengganggu gambaran	2
Hanya sedikit dan masih mengganggu gambaran	3
Hanya sedikit dan tidak mengganggu gambaran	4
Tidak nampak artefak	5

Untuk membantu dokter dalam memberikan penilaian, maka pada setiap gambar MRI yang ada implan ditampilkan gambar referensi pada posisi sejajar sebagai patokan kriteria tanpa artefak. Gambaran MRI tulang sapi tanpa menggunakan implan ditampilkan sejajar dengan hasil gambaran pemeriksaan MRI implan dengan hasil gambaran yang menggunakan SEMAC.

Skor dari penilaian eksperimen oleh dokter spesialis radiologi kemudian dikelompokkan berdasarkan pemilihan grappa dan SES., yaitu SES 6,10 dan 15 sesuai dengan tabel 7-9 kemudian di jumlah dan dihitung nilai rata – ratanya pada setiap kriteria penilaian

Tabel 7. Skor penilaian SES 6

No	Urutan Sequence	Skor			
		Luas artefak	Sinyal Loss	Sinyal pile up	Distorsi
1	ax se 6 gr 2	2	2	4	4
2	ax se 6 gr 3	2	2	4	4
3	cor se 6 gr 2	2	2	4	3
4	cor se 6 gr 3	2	2	4	3
5	sag se 6 gr 2	2	2	3	3
6	sag se 6 gr 3	2	2	3	4
	Jumlah	12	12	22	21
	rata-rata	2	2	3,6	3,5

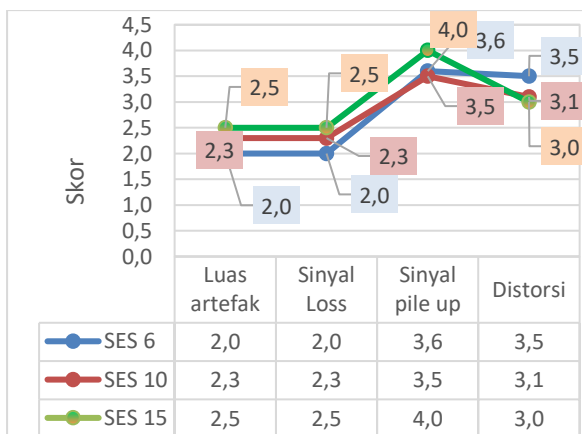
Dari observasi data di tabel 6 - 9 kemudian dibuat grafik rekapitulasi data nilai rata – rata skor penilaian artefak berdasarkan pemilihan nilai SEMAC / SES pada gambar 11. Sehingga dapat diamati bahwa nilai SES bertambah maka luas artefak dan sinyal loss dan sinyal pile up semakin berkurang, akan tetapi tidak demikian dengan distorsi.

Tabel 8. Skor penilaian SES 10

No	Urutan Sequence	Skor			
		Luas artefak	Sinyal Loss	Sinyal pile up	Distorsi
1	ax se 10 gr 2	3	3	4	3
2	ax se 10 gr 3	3	3	5	4
3	cor se 10 gr 2	2	2	3	2
4	cor se 10 gr 3	2	2	4	3
5	sag se 10 gr 2	2	2	3	4
6	sag se 10 gr 3	2	2	2	3
	Jumlah	14	14	21	19
	rata-rata	2,3	2,3	3,5	3,2

Tabel 9.Skor penilaian SES 15

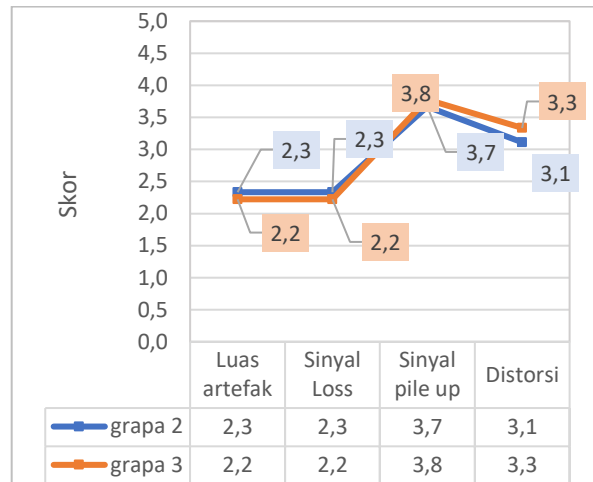
No	Urutan Sequence	Skor			
		Luas artefak	Sinyal Loss	Sinyal pile up	Distorsi
1	ax se 15 gr 2	3	3	5	3
2	sag se 15 gr 3	2	2	3	3
3	ax se 15 gr 3	3	3	5	3
4	cor se 15 gr 2	3	3	4	3
5	sag se 15 gr 2	2	2	3	3
6	cor se 15 gr 3	2	2	4	3
	Jumlah	15	15	24	18
	rata-rata	2,5	2,5	4	3



Gambar 11. Grafik visualisasi rekapitulasi nilai rata - rata SES.

Pemakaian parallel imejing grappa dapat mempersingkat waktu akuisisi, Pada pemilihan grappa 2 dan grappa 3 parameter diatur sedemikian agar memungkinkan tercapainya perbandingan sinyal dan noise yang sama atau bernilai SNR=1. Karakteristik artefak yang muncul pada penggunaan grappa 2 dan 3 direkapitulasi dan divisualisasikan pada gambar 12. Karakteristik artefak yang muncul pada penggunaan grappa 2 dan 3 tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Berdasarkan grafik pada

gambar 4.24, luas artefak dan sinyal loss sama-sama luas dan mengganggu gambaran, sedangkan artefak sinyal pile up dan distorsi hanya sedikit akan tetapi masih mengganggu gambaran.



Gambar 12. Grafik visualisasi nilai skor grappa

Pada hasil eksperimen, SEMAC mampu mengurangi ukuran artefak signal loss, akan tetapi tidak dapat menghilangkan keseluruhan signal loss yang muncul. Signal loss atau hilangnya sinyal ditandai dengan bayangan atau gambaran hipointense cukup luas dan banyak sehingga masih mengganggu gambaran di semua orientasi bidang axial coronal dan sagital dengan rata – rata nilai 2 pada gambar 11. Pemakaian sequence SEMAC dengan pemilihan nilai SES 6 artefak signal loss yang muncul cukup luas, banyak dan masih mengganggu gambaran dengan nilai skor rata – rata 2 (tabel 7), artefak signal loss pada SES 10 memperoleh nilai skor 2,3 (tabel 8) yaitu mengalami kenaikan nilai rata – rata sebesar 0,3. Pada SES 10 area sinyal loss berkurang kekekuatannya, sehingga korteks tulang dapat sedikit tervisualisasi pada irisan sagital di gambar 7 , pada pemilihan SES 15 visualisasi korteks di area artefak terlihat lebih banyak dibandingkan pada SES 10 dengan nilai rata – rata 2,5 pada tabel 9 , dan dapat dilihat berkurangnya ukuran diameter sinyal loss pada orientasi irisan axial di gambar 5. Hal tersebut menurut Aboelmagd signal loss dapat disebabkan oleh implan itu sendiri yang tidak menghasilkan sinyal. Yang kedua adalah dephasing, dan yang ketiga, dan bisa dibilang yang paling penting, adalah kesalahan registrasi di sepanjang gradien pengkodean frekuensi.(Aboelmagd et al., 2014).

Pada penggunaan sequence SEMAC artefak signal pile up muncul hanya sedikit dan hampir tidak mengganggu gambaran, dengan skor 3,5 - 4 yang terlihat pada gambar 11. Signal pile up muncul

hanya sedikit dan tidak mengganggu gambaran dengan nilai skor 4 di pemilihan SES 15 pada tabel 4.13. Akan tetapi penambahan nilai SES 6 ke SES 10 tidak menyebabkan penambahan perolehan nilai skor rata – rata, melainkan sedikit menurun sebesar 0,1 pada hasil skor penilaian kriteria artefak signal pile up yang dapat diamati pada grafik di gambar 11. Hal tersebut terjadi karena offset perpindahan sinyal pada proses registrasi terjadi sangat cepat, mengingat SEMAC merupakan suatu sequence multi spectral pada proses pengambilan gambarnya

Struktur tepi implant dalam hal ini di wakili oleh penilaian kriteria luas artefak dan distorsi. dimana luas artefak yang muncul cukup banyak dan masih mengganggu gambaran dengan nilai range rata – rata skor luas artefak sebesar 2.3 dan skor rata – rata penilaian artefak distorsi sebesar 3,2 yang berarti perubahan bentuk yang berbeda dengan aslinya terjadi hanya sedikit, akan tetapi masih mengganggu gambaran sesuai gambar 11. Menurut Dillenseger ketika sebuah benda logam berada di dalam medan magnet, proton dari bidang yang sama berputar pada frekuensi yang berbeda di sekitar frekuensi Larmor. Dispersi spektral dari spin di dekat implan logam nilainya jauh melampaui dari biasanya dan dari objek sekitar. Ketidakhomogenan ini akan mendistorsi irisan yang dipilih dari geometri yang dimaksud, (Dillenseger et al., 2016). Stainless steel yang mempunyai nilai kerentanan magnetik yang cukup tinggi diantara materi paramagnetik mempunyai spin yang sangat tinggi sehingga luas artefak dan distorsi belum dapat dihilangkan secara total.

Simpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilakukan maka Artefak yang disebabkan oleh kehilangan sinyal / signal loss yang muncul cukup luas dan mengganggu gambaran. Dengan menaikkan nilai SES, artefak sinyal loss dapat dikurangi akan tetapi menambah waktu akuisisi. Penambahan nilai SES tidak selalu mengurangi artefak signal pile up akan tetapi artefak signal pile up yang muncul hanya sedikit dan tidak mengganggu gambaran. Pemakaian SEMAC dalam penelitian ini belum dapat menampilkan struktur / bentuk implan mendekati bentuk aslinya, karena artefak yang muncul di area implan pada beberapa orientasi irisan cukup luas dan terdistorsi.

Pemilihan nilai SEMAC 6 ,10 atau 15 dapat disesuaikan dengan kondisi pasien, jenis implan dan sebagai salah satu cara untuk mereduksi metal artefak. Karena meningkatkan waktu pemeriksaan,

sebaiknya mengurangi jumlah irisan pada area target / dugaan kelainan dengan tetap memperhatikan SNR dan kualitas gambar. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan SEMAC pada klinis, anatomi lain dengan jenis implan yang berbeda seperti titanium, cobalt atau chrome.

Daftar Pustaka

- Musculoskeletal health. (2022, July 14). World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>
- Winona Katyusha;Nurul Fajriah Afiatunnisa, dr. (2022, January 5). Bedah Ortopedi: Manfaat, Risiko, Persiapan, Hingga Pemulihan. Hellosehat. <https://hellosehat.com/muskuloskeletal/bedah-ortopedi/pengertian-bedah-ortopedi/>
- Vrachnis, I. N., Vlachopoulos, G. F., Maris, T. G., & Costaridou, L. I. (2017). Artifacts Quantification of Metal Implants in MRI. *Journal of Physics: Conference Series*, 931(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/931/1/012007>
- Weber, M. A., Egermann, M., Thierjung, H., & Kloth, J. K. (2015). Modern Radiological Postoperative Diagnostics of the Hip Joint in Children and Adults. In *RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Rontgenstrahlen und der Bildgebenden Verfahren* (Vol. 187, Issue 7, pp. 525–542). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1399232>
- Lohmann, C. H., Rampal, S., Lohrengel, M., & Singh, G. (2017). Imaging in peri-prosthetic assessment: An orthopaedic perspective. In *EFORT Open Reviews* (Vol. 2, Issue 5, pp. 117–125). British Editorial Society of Bone and Joint Surgery. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.2.160058>
- Jungmann, P. M., Agten, C. A., Pfirmann, C. W., & Sutter, R. (2017). Advances in MRI around metal. In *Journal of Magnetic Resonance Imaging* (Vol. 46, Issue 4, pp. 972–991). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/jmri.25708>
- Weber, M.-A., Egermann, M., Thierjung, H., Kloth, J. K., & Weber, M.-A. (2015). Modern Radiological Postoperative Diagnostics of the Hip Joint in Children and Adults Moderne radiologische postoperative Diagnostik des Hüftgelenks im Kindes- und Erwachsenenalter. *Fortschr Röntgenstr Modern Radiological Postoperative ... Fortschr Röntgenstr*, 187(187)
- Smeekes, C., Schouten, B. J. M., Nix, M., Ongkiehong, B. F., Wolterbeek, R., van der Wal, B. C. H., & Nelissen, R. G. H. H. (2018). Pseudotumor in metal-on-metal hip arthroplasty: a comparison study of three grading systems with MRI. *Skeletal Radiology*, 47(8). <https://doi.org/10.1007/s00256-018-2873-0>
- Koff, M. F., Shah, P., Koch, K. M., & Potter, H. G. (2013). Quantifying image distortion of

- orthopedic materials in magnetic resonance imaging. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 38(3), 610–618. <https://doi.org/10.1002/jmri.23991>
- Astuti, S. D., Astutik, N. V. I., & Muzamil, A. (2017). Optimalisasi Parameter Bandwidth dan Time Echo untuk Mengurangi Susceptibility Artifacts dan Chemical Shift pada MRI. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 19(3), 237. <https://doi.org/10.20473/jbp.v19i3.2017.237-245>
- Meng, X., Zhang, W., Yuan, Z., Chen, J., Lyu, Z., & Wang, Y. (2021). A partial hemi-resurfacing preliminary study of a novel magnetic resonance imaging compatible polyetheretherketone mini-prosthesis for focal osteochondral defects. *Journal of Orthopaedic Translation*, 26, 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2020.02.010>
- Hargreaves, B. A., Worters, P. W., Pauly, K. B., Pauly, J. M., Koch, K. M., & Gold, G. E. (2011). Metal-induced artifacts in MRI. *American Journal of Roentgenology*, 197(3). <https://doi.org/10.2214/AJR.11.7364>
- McRobbie, D. W., Moore, E. A., Graves, M. J., & Prince, M. R. (2017). *MRI from Picture to Proton*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781107706958>
- 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), 377. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0838-1>
- Peschke, E. 1055/a-1460-8566, Ulloa, P., Jansen, O., & Hoevener, J.-B. (2021). Metallic Implants in MRI – Hazards and Imaging Artifacts. *RöFo - Fortschritte Auf Dem Gebiet Der Röntgenstrahlen Und Der Bildgebenden Verfahren*, 193(11), 1285–1293. <https://doi.org/10.1055/a-1460-8566>
- Jaspan, O. N., Fleysher, R., & Lipton, M. L. (2015). Compressed sensing MRI: a review of the clinical literature. *The British Journal of Radiology*, 88(1056). <https://doi.org/10.1259/BJR.20150487>
- [mri-magnetic-resonance-imaging/benefits-and-risks](https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/mri-magnetic-resonance-imaging/benefits-and-risks). (2017, September 12). <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/mri-magnetic-resonance-imaging/benefits-and-risks>
- Eunike Serfina Fajarini, A. S. si, M. I. K., Heny Purnawati, S. S., & Mega Amanda, S. S. (2021). *MRI itu crunchy* (Hasupar, Ed.; 2nd ed., Vol. 1). Inspo Creative.
- Catherine Westbrook et al, & John Talbot. (2018). *MRI In Practice* (5th ed.). Wiley Blackwell.
- Brian M. Dale, P. M., Mark A. Brown, P., & Richard C. Semelka, M. (2015). *MRI basic principles and applications* (5th ed., Vol. 5). wiley-Blackwell.
- Carlyle Bushong ScD FAAPM FACR, S., & Clarke, G. (2015). *Magnetic Resonance Imaging: Physical and Biological Principles*. In *Magnetic Resonance Imaging*.
- Westbrook, C. (2016). *MRI at a Glance* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Govind B Chavhan MD DNB DABR. (2013). *MRI made easy* (2nd ed., Vol. 1). Jaypee Brothers Medical Publishers. www.jaypeebrothers.com
- McRobbie, D. W., Moore, E. A., Graves, M. J., & Prince, M. R. (2017). *MRI from Picture to Proton*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781107706958>
- Hamilton, J., Franson, D., & Seiberlich, N. (2017). Recent advances in parallel imaging for MRI. In *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy* (Vol. 101).
- Dillenseger, J. P., Molière, S., Choquet, P., Goetz, C., Ehlinger, M., & Bierry, G. (2016). An illustrative review to understand and manage metal-induced artifacts in musculoskeletal MRI: a primer and updates. In *Skeletal Radiology* (Vol. 45, Issue 5). <https://doi.org/10.1007/s00256-016-2338-2>
- Lee, E. M., Ibrahim, E. S. H., Bs, N. D., Lu, J. C., Kalia, V., Runge, M., Srinivasan, A., Stojanovska, J., & Agarwal, P. P. (2021). Improving mr image quality in patients with metallic implants. *Radiographics*, 41(4), E126–E137. <https://doi.org/10.1148/rg.2021200092>
- Hellerbach, A., Schuster, V., Jansen, A., & Sommer, J. (2013). MRI phantoms - are there alternatives to agar? *PloS One*, 8(8), e70343. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070343>
- Rony, L., Lancigu, R., & Hubert, L. (2018). Intraosseous metal implants in orthopedics: A review. In *Morphologie* (Vol. 102, Issue 339). <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2018.09.003>
- Jawhar, A., Reichert, M., Kostrzewa, M., Nittka, M., Attenberger, U., Roehl, H., & Bludau, F. (2019). Usefulness of slice encoding for metal artifact correction (SEMAC) technique for reducing metal artifacts after total knee arthroplasty. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 29(3), 659–666. <https://doi.org/10.1007/s00590-018-2322-8>
- Otazo, R., Nittka, M., Bruno, M., Raithe, E., Geppert, C., Gyftopoulos, S., Recht, M., & Rybak, L. (2017). Sparse-SEMAC: rapid and improved SEMAC metal implant imaging using SPARSE-SENSE acceleration. *Magnetic Resonance in Medicine*, 78(1). <https://doi.org/10.1002/mrm.26342>
- Aboelmagd, S. M., Malcolm, P. N., & Toms, A. P. (2014). Magnetic resonance imaging of metal artifact reduction sequences in the assessment of metal-on-metal hip prostheses. In *Reports in Medical Imaging* (Vol. 7, Issue 1, pp. 65–74). Dove Medical Press Ltd. <https://doi.org/10.2147/RMI.S40052>