



Optimasi Teknik MRI untuk Knee Joint: Perbandingan PD TSE Fat Saturation dan T2 Fat Saturation BLADE pada Potongan Coronal

Muhammad Fajar W.R.I¹, Agustina Dwi P.², Marichatul Jannah³

¹ Rumah Sakit Harapan Bunda, Jakarta Timur, Indonesia

^{2,3} Department of radiodiagnostic and radioteraphy techniques, Poltekkes Kemenkes Semarang

Corresponding Author: Marichatul Jannah
e-mail: marichatuljannah@poltekkes-smg.ac.id

ABSTRACT

Background: The use of PD TSE fat saturation (FS) sequences in coronal section of the MRI knee joint routine examination revealed artifacts caused by popliteal artery pulses. Meanwhile, there is T2 FS sequence with the BLADE technique that can reduce motion artifacts, but isn't used in the knee joint routine MRI examinations. BLADE is a technique of filling radial k-space around the center of k-space, thereby reducing motion artifacts and improving image quality. The aim of this study is to determine the differences in anatomical information, artifacts, and sequences that optimally reveal the anatomical information of knee joint between the PD TSE FS and T2 FS BLADE coronal section.

Methods: This study used a quantitative research methods with an experimental approach. The sample of this study are 10 healthy volunteers and 2 radiologists as respondents. Each volunteer undergo an MRI knee joint examination with the PD TSE FS and T2 FS BLADE coronal section. The results of the two sequence images were assessed by the two respondents to obtain data for assessing anatomical information on the ACL, PCL, collateral ligament, articular cartilage, meniscus, subchondral bone, and artifact information. Data that has been obtained is processed using the Wilcoxon test.

Results: The results shows that there are differences in the anatomical information of ACL, PCL, articular cartilage, and meniscus between the PD TSE FS and T2 FS BLADE coronal section. Meanwhile, there is no difference in the anatomy of the collateral ligament and subchondral bone. There is also a difference in artifact information between the two sequences.

Conclusions: The T2 FS BLADE sequence is more optimal than the PD TSE FS sequence in displaying anatomic information and is also more optimal in suppressing ghosting artifacts from the popliteal artery pulse.

Keywords: MRI; Knee Joint; TSE; BLADE; Fat Saturation.

Pendahuluan

Sendi lutut adalah sendi sinovial terbesar pada tubuh manusia yang menjadi persendian antara femur dan tibia untuk menahan beban tubuh. Sendi lutut memiliki dua fibrocartilaginous menisci yang mengakomodasi perubahan bentuk permukaan articular selama pergerakan sendi. Sendi lutut diperkuat oleh collateral ligament di setiap sisi serta cruciate ligament yang menghubungkan ujung femur dan tibia dan mempertahankan posisi mereka yang berlawanan selama pergerakan (Drake dkk., 2020).

Kelainan internal sendi lutut paling baik ditunjukkan dengan magnetic resonance imaging (MRI). Magnetic resonance imaging (MRI) knee joint juga berfungsi sebagai panduan penting manajemen pasien. MRI bermanfaat dalam

karakterisasi meniscal, cruciate ligament, collateral ligament, cedera mekanisme ekstensor, serta gangguan articular cartilage, sinovial, dan tendon (Chien dkk., 2020). Kelainan internal sendi lutut dan patologi soft tissue lainnya paling baik ditunjukkan dengan magnetic resonance imaging (MRI) (McKinnis, 2014). Bidang pencitraan MRI knee terdiri dari sagittal oblik, aksial, dan coronal. Bidang pencitraan coronal MRI knee joint digunakan untuk menilai meniscus, cruciate dan collateral ligaments, articular cartilage dan subchondral bone (Saifuddin dkk., 2016).

Pembobotan proton density (PD) pada pemeriksaan MRI knee joint mampu menampakkan struktur internal knee joint seperti synovium, meniscus, ligamen dan tendon serta kartilago hialin (Lavdas dkk., 2012). Pulsa sekuen Turbo Spin Echo

(TSE) memiliki resolusi yang tinggi dan waktu akuisisi yang singkat sehingga dapat dengan jelas menilai struktur anterior cruciate ligament (ACL) dan meniscus. Teknik fat saturation digunakan untuk mendeteksi adanya edema pada soft tissue atau bone marrow dengan lebih baik (Tehranzadeh, 2014). Sekuen T2 fat saturation coronal menurut Araujo dkk (2013) berfungsi untuk identifikasi cairan pada tunnel dan identifikasi gangguan dari graft fiber. Sedangkan fat saturation untuk membedakan edema sum-sum tulang dengan jaringan lemak tulang dan jaringan subkutan (Godoy dkk., 2018).

Masalah utama pada pemeriksaan MRI adalah pergerakan pasien yang menimbulkan motion artifacts. Pergerakan pasien tersebut dapat bersifat periodik seperti detak jantung, denyut arteri atau nadi, dan pernapasan maupun gerakan yang tidak bersifat periodik seperti gerakan pasien, gerakan mata, dan menelan. Gerakan periodik seperti gerakan denyut nadi atau arteri menghasilkan artefak ghosting melintasi FOV dengan mengubah secara koheren pada data yang didapatkan. Ghosting akan menghasilkan citra seperti terlipat ke sisi yang berlawanan dengan citra yang melebihi FOV (Saba, 2016). Aliran darah dapat menyebabkan modulasi data k-space MRI yang mengakibatkan munculnya artefak yang parah (Lavdas dkk., 2015). Artefak yang disebabkan oleh aliran peredaran darah tersebut akan tampak lebih jelas pada sekuen dengan fat saturation karena menghasilkan background yang gelap (Lavdas dkk., 2012).

Sekuen MRI konvensional sangat sensitif terhadap pergerakan pasien, hal ini disebabkan oleh pengisian k-space Cartesian. Teknik akuisisi data Cartesian terdiri dari pengisian k-space baris demi baris, dari atas ke bawah. Banyaknya garis sama dengan echo train length (ETL) yang diperoleh dalam setiap TR. Pusat k-space yang berisi karakteristik sinyal dan kontras gambar diperoleh hanya sekali, kecuali beberapa averages digunakan. Dengan demikian, pergerakan pasien yang memiliki efek buruk pada citra yang dihasilkan saat pengisian k-space linier juga digunakan (Cazzoli dkk., 2022).

BLADE merupakan teknik berbasis turbo spin echo (TSE) yang tidak sensitif terhadap gerakan yang menggunakan lintasan k-space periodically rotated overlapping parallel lines with enhanced reconstruction (PROPELLER). BLADE merupakan gabungan dari pengisian k-space Cartesian dan radial (Choi dkk., 2020). Teknik ini terdiri dari cakupan k-space berputar seperti pisau (Von Kalle dkk., 2013). Teknik BLADE didapatkan dari N BLADE (jumlah N BLADE) yang diputar

mengelilingi pusat k-space. Setiap BLADE terdiri dari garis fase encoding terendah L (echo train length (ETL)) dari lintasan k-space rectilinear konvensional yang diperoleh setelah eksitasi single radiofrequency (Lavdas dkk., 2012). Teknik ini menggunakan cara pengambilan sampel alternatif untuk mengurangi artefak yang diinduksi oleh gerakan rotasi dan translasi inplane. Phase correction dilakukan pada setiap set data BLADE untuk menghilangkan fase yang tidak konsisten yang dihasilkan dari gerakan selama akuisisi. Teknik BLADE memiliki keunggulan dari oversampling k-space sentral, sehingga citra artefak sangat berkurang (Lavdas dkk., 2013).

Berdasarkan studi pendahuluan oleh peneliti di Instalasi Radiologi RSUD dr. Soedono Pemerintah Provinsi Jawa Timur, peneliti menjumpai pemeriksaan MRI Knee joint pesawat MRI Siemens Skyra 3 T menggunakan sekuen PD TSE fat saturation coronal, yang mana pada sekuen ini selalu muncul artefak yang diakibatkan oleh denyut nadi. Sementara itu, terdapat sekuen T2 fat saturation BLADE yang fungsinya sama dengan sekuen PD TSE fat saturation yaitu mampu menunjukkan gambaran patologis. Kedua sekuen tersebut juga menghasilkan citra yang mirip yaitu memiliki background yang gelap karena dilakukan penekanan sinyal lemak menggunakan fat saturation, sedangkan gambaran cairan tampak terang atau hiperintens. Sekuen T2 fat saturation menggunakan teknik BLADE yang mampu mengurangi motion artifacts, tetapi tidak digunakan dalam pemeriksaan MRI knee joint rutin. Keunggulan teknik BLADE yang belum dimanfaatkan tersebut, membuat peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut dan dituangkan dalam Skripsi yang berjudul "PERBEDAAN INFORMASI ANATOMI DAN ARTEFAK CITRA MRI KNEE JOINT PD TSE FAT SATURATION DAN T2 FAT SATURATION BLADE POTONGAN CORONAL".

Metode

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbedaan informasi anatomi dan artefak citra MRI Knee joint PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE potongan coronal, dan sekuen apa yang paling optimal dalam menampakkan informasi anatomi knee joint potongan coronal.

Penelitian ini dilakukan pada bulan april-mei 2023 di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Umum

Daerah (RSUD) dr. Soedono Pemerintah Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini menggunakan pesawat MRI Siemens Skyra 3T. Sampel pada penelitian ini yaitu 10 volunteer sehat sesuai kriteria inklusi dan responden 2 orang dokter spesialis radiologi. Masing-masing volunteer dilakukan scanning citra MRI knee joint potongan coronal sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE. Hasil citra kedua sekuen dilakukan penilaian oleh kedua responden untuk mendapatkan informasi anatomi ACL, PCL, collateral ligament, articular cartilage, meniscus, subchondral bone, serta informasi artefak. Penilaian informasi anatomi diklasifikasikan dengan skor 1 berarti tidak jelas, skor 2 berarti jelas, dan skor 3 berarti sangat jelas. Sementara itu, untuk penilaian informasi artefak diklasifikasikan dengan skor 1 berarti sangat jelas, skor 2 berarti cukup jelas, dan skor 3 berarti tidak ada.

Data penelitian yang diperoleh dilakukan analisis dengan uji Wilcoxon untuk mengetahui adanya perbedaan informasi anatomi dan artefak citra MRI knee joint antara sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE potongan coronal. Nilai mean rank dari hasil uji Wilcoxon digunakan untuk mengetahui sekuen yang lebih baik dalam menampilkan informasi anatomi.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD dr. Soedono Madiun ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan informasi anatomi dan artefak citra MRI Knee joint PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE pada potongan coronal, dan sekuen yang paling optimal dalam menampilkan informasi anatomi knee joint potongan coronal. Penelitian ini menggunakan sampel berjumlah 10 orang volunteer. Berikut karakteristik sampel berdasarkan jenis kelamin ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi sampel berdasarkan jenis kelamin

| Jenis Kelamin | Jumlah | Persentase (%) |
|---------------|--------|----------------|
| Laki-laki | 2 | 20% |
| Perempuan | 8 | 80% |
| Total | 10 | 100% |

Berdasarkan tabel 1 di atas, dapat diketahui bahwa sampel terdiri dari 8 volunteer perempuan

dengan persentase 80% dan 2 volunteer laki-laki dengan persentase 20%.

Tabel 2. Deskripsi sampel berdasarkan usia

| Usia | Jumlah | Persentase (%) |
|-------|--------|----------------|
| 17-28 | 8 | 80% |
| 29-40 | 2 | 20% |
| Total | 10 | 100% |

Berdasarkan tabel 2 mengenai deskripsi sampel berdasarkan usia, dapat diketahui bahwa sampel penelitian terdiri dari 10 volunteer dengan rentang usia 17-40 tahun. Sampel dengan rentang usia 17-28 tahun terdiri dari 8 volunteer dengan persentase 80%, sedangkan sampel dengan rentang usia 29-40 tahun terdiri dari 2 volunteer dengan persentase 20%.

Parameter scanning sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE pada penelitian ini ditunjukkan oleh tabel 3 berikut.

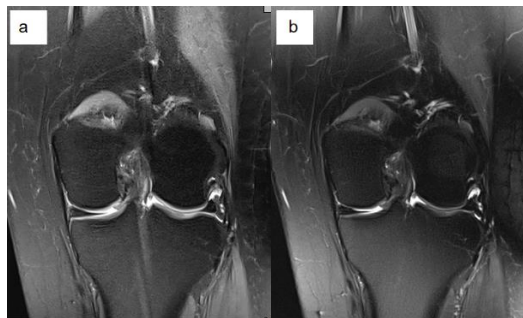
Tabel 3. Parameter *scanning* sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE

| Parameter | Sekuen | |
|-----------------|-----------|-------------|
| | PD TSE FS | T2 FS BLADE |
| TR | 3500 ms | 4470 ms |
| TE | 27 ms | 63 ms |
| Bandwidth | 151 Hz/Px | 269 Hz/Px |
| Slice Thickness | 3 mm | 3 mm |
| Flip Angle | 180° | 180° |
| NEX | 1 | 1 |

Masing-masing volunteer didapatkan hasil citra MRI knee joint sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE potongan coronal, citra MRI tersebut diberikan penilaian oleh 2 responden yang memiliki kompetensi dan pengalaman dalam memberikan ekspertisi citra MRI. Responden 1 memiliki pengalaman ekspertisi citra MRI selama 6 tahun dan responden 2 memiliki pengalaman ekspertisi citra MRI selama 3 tahun.

Responden memberikan penilaian terhadap citra MRI knee joint potongan coronal sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE mengenai informasi anatomi anterior cruciate ligament (ACL), posterior cruciate ligament (PCL), collateral ligament, articular cartilage, meniscus,

subchondral bone, dan juga mengenai informasi artefak.



Gambar 1. Hasil citra MRI knee joint potongan coronal sekuen PD TSE fat saturation (a) dan T2 fat saturation BLADE (b)

Citra MRI *knee joint* sekuen PD TSE *fat saturation* dan T2 *fat saturation* BLADE potongan coronal kemudian dinilai oleh kedua responden mengenai kejelasan informasi anatomi dan informasi artefak. Hasil penilaian tersebut kemudian di lakukan uji Cohen's Kappa untuk mengetahui tingkat kesepakatan kedua responden.

Tabel 4. Hasil uji Cohen's Kappa informasi anatomi

| Informasi anatomi citra MRI knee joint antara sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE potongan coronal | Nilai Kappa |
|---|-------------|
| Responden 1 dan 2 | 0,709 |

Tabel 5. Hasil uji Cohen's Kappa informasi artefak

| Informasi artefak citra MRI <i>knee joint</i> antara sekuen PD TSE <i>fat saturation</i> dan T2 <i>fat saturation</i> BLADE potongan coronal | Nilai Kappa |
|--|-------------|
| Responden 1 dan 2 | 0,709 |

Berdasarkan tabel 4 dan 5 di atas, diketahui bahwa hasil uji Cohen's Kappa antara responden 1 dan responden 2 terhadap informasi anatomi dan informasi artefak berada pada rentang nilai kappa 0,61-0,80 yang artinya kesepakatan kedua responden baik. Oleh karena itu, untuk uji statistik selanjutnya digunakan data dari responden 1 dengan melihat pengalaman ekspertisi citra MRI.

Berikut hasil uji Wilcoxon informasi anatomi citra MRI knee joint potongan coronal sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE

Tabel 6. Hasil uji Wilcoxon informasi anatomi

| Anatomi | <i>p-value</i> | Keterangan |
|----------------------------|----------------|----------------|
| ACL | 0,008 | Ada beda |
| PCL | 0,005 | Ada beda |
| <i>Collateral ligament</i> | 0,157 | Tidak ada beda |
| <i>Articular cartilage</i> | 0,014 | Ada beda |
| <i>Meniscus</i> | 0,046 | Ada beda |
| <i>Subchondral bone</i> | 0,564 | Tidak ada beda |
| Keseluruhan anatomi | 0,012 | Ada beda |

Berdasarkan tabel 6, secara keseluruhan anatomi terdapat perbedaan informasi anatomi citra MRI knee joint antara sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE potongan coronal. Ditinjau dari masing-masing anatomi terdapat perbedaan informasi anatomi antara kedua sekuen pada ACL, PCL, articular cartilage, dan meniscus. Sementara itu, anatomi collateral ligament dan subchondral bone tidak ada beda.

Uji Wilcoxon juga digunakan untuk melihat apakah terdapat perbedaan informasi artefak antara kedua sekuen. Artefak yang dimaksud adalah artefak ghosting yang disebabkan oleh denyut nadi arteri popliteal.

Tabel 7. Hasil uji Wilcoxon informasi artefak

| Sekuen | <i>p-value</i> | Keterangan |
|--|----------------|------------|
| PD TSE <i>fat saturation</i> dengan T2 <i>fat saturation</i> BLADE | 0,002 | Ada beda |

Berdasarkan tabel 7 di atas, diketahui bahwa terdapat perbedaan informasi artefak citra MRI knee joint antara sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE potongan coronal.

Uji Wilcoxon akan menghasilkan nilai mean rank yang dapat digunakan untuk menilai sekuen mana yang lebih baik dalam memberikan informasi

anatomi. Sekuen yang memiliki nilai mean rank lebih tinggi artinya memiliki kemampuan yang lebih baik dalam memberikan informasi anatomi.

Tabel 8. Hasil mean rank uji Wilcoxon informasi anatomi citra MRI knee joint sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE potongan coronal

| Anatomi | Sekuen | | Mean Rank |
|---------------------|--------|----|-----------|
| ACL | PD TSE | FS | 0,00 |
| | T2 | FS | 4,00 |
| | BLADE | | |
| PCL | PD TSE | FS | 0,00 |
| | T2 | FS | 4,50 |
| | BLADE | | |
| Collateral ligament | PD TSE | FS | 0,00 |
| | T2 | FS | 1,50 |
| | BLADE | | |
| Articular cartilage | PD TSE | FS | 0,00 |
| | T2 | FS | 3,50 |
| | BLADE | | |
| Meniscus | PD TSE | FS | 0,00 |
| | T2 | FS | 2,50 |
| | BLADE | | |
| Subchondral bone | PD TSE | FS | 2,00 |
| | T2 | FS | 2,00 |
| | BLADE | | |
| Keseluruhan anatomi | PD TSE | FS | 0,00 |
| | T2 | FS | 4,50 |
| | BLADE | | |

Berdasarkan tabel 8, dapat diketahui bahwa sekuen T2 fat saturation BLADE memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menampilkan informasi anatomi knee joint secara keseluruhan daripada sekuen PD TSE fat saturation. Ditinjau dari masing-masing anatomi sekuen T2 fat saturation BLADE lebih baik dalam menampilkan anatomi ACL, PCL, collateral ligament, articular cartilage, dan meniscus karena menghasilkan nilai mean rank yang lebih tinggi dari pada sekuen PD TSE fat saturation. Sementara itu, untuk anatomi subchondral bone memiliki nilai mean rank sama yaitu 2,00 antara kedua sekuen yang artinya memiliki kemampuan yang sama dalam menampilkan anatomi subchondral bone.

Uji beda menggunakan uji Wilcoxon akan menghasilkan nilai mean rank yang dapat digunakan untuk menilai sekuen mana yang lebih baik dalam menekan artefak. Sekuen yang memiliki nilai *mean rank* lebih tinggi artinya memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menekan artefak.

Tabel 9. Hasil mean rank uji Wilcoxon informasi artefak citra MRI knee joint sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE potongan

| Artefak | Sekuen | | Mean Rank |
|---------|--------|----|-----------|
| | PD TSE | FS | 0,00 |
| | T2 | FS | 5,50 |
| BLADE | | | |

Berdasarkan tabel 9 dapat diketahui bahwa sekuen T2 fat saturation BLADE dalam citra MRI knee joint potongan coronal lebih baik daripada sekuen PD TSE fat saturation dalam menekan artefak. Sekuen T2 fat saturation BLADE memiliki nilai mean rank 5,50 dibandingkan dengan sekuen PD TSE fat saturation yang memiliki nilai mean rank 0,00.

Hasil uji Wilcoxon informasi anatomi citra MRI knee joint antara sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE potongan coronal secara keseluruhan anatomi didapatkan p-value 0,012 (p-value < 0,05), yang artinya terdapat perbedaan informasi anatomi antara kedua sekuen. Ditinjau dari masing-masing anatomi terdapat perbedaan informasi anatomi pada anatomi ACL, PCL, articular cartilage, dan meniscus karena didapatkan p-value < 0,05. Sementara itu, pada anatomi collateral ligament dan subchondral bone tidak ada perbedaan karena didapatkan p-value > 0,05.

Bidang pencitraan MRI knee terdiri dari bidang sagittal oblik, aksial, dan coronal. Bidang pencitraan coronal pada pemeriksaan MRI knee joint digunakan untuk menilai meniscus, cruciate dan collateral ligaments, articular cartilage dan subchondral bone (Saifuddin dkk., 2016).

Sekuen PD TSE fat saturation memiliki panjang TR 3500 ms dan TE 27 ms, sedangkan sekuen T2 fat saturation BLADE memiliki panjang TR 4470 ms dan TE 63 ms. Perbedaan panjang TR dan TE ini membuat adanya perbedaan intensitas sinyal setiap jaringan pada knee joint antara kedua sekuen. Semakin panjang TR maka SNR akan meningkat, sedangkan semakin panjang TE maka SNR akan menurun (Westbrook, 2019).

Perbedaan nilai bandwidth antara sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE juga memengaruhi perbedaan informasi anatomi citra MRI knee joint. Besar nilai bandwidth pada sekuen PD TSE fat saturation yaitu 151 Hz/Px dan sekuen T2 fat saturation BLADE yaitu 269 Hz/Px. Mengurangi receive bandwidth akan menurunkan noise dan meningkatkan sinyal (Westbrook, 2019). Nilai bandwidth yang meningkat akan dapat menghilangkan motion artifacts (Lavdas dkk., 2012).

Sekuen PD TSE fat saturation menggunakan teknik pengisian k-space Cartesian. Teknik pengisian k-space Cartesian dilakukan dengan pengisian k-space baris demi baris dari atas ke bawah. Banyaknya garis sesuai dengan banyaknya echo train length (ETL) yang diperoleh dalam setiap TR. Pusat k-space yang berisi karakteristik sinyal dan kontras gambar diperoleh hanya sekali. Dengan demikian, pergerakan pasien yang memiliki efek buruk pada citra yang dihasilkan saat pengisian k-space linier juga digunakan (Cazzoli dkk., 2022). hal ini membuat artefak ghosting dari denyut nadi arteri popliteal selalu muncul pada citra MRI knee joint potongan coronal sehingga mengurangi kejelasan informasi anatomi.

Sekuen T2 fat saturation menggunakan teknik BLADE yang merupakan teknik berbasis multishot turbo spin echo (TSE) dengan pengambilan sampel k-space radial melalui penggunaan BLADE yang diputar. BLADE diputar dengan pergeseran rotasi yang bervariasi antara 10° - 20° sehingga total kumpulan data merentang melingkar dalam k-space (Calogero dkk., 2022). Bagian tengah k-space diperoleh pada setiap TR karena titik data dalam BLADE diputar disekitar pusat k-space. Oleh karena itu, sinyal dan kontras meningkat serta menghasilkan pengurangan artefak gerak (Westbrook, 2019).

Penggunaan BLADE pada sekuen T2 fat saturation mampu memperbaiki citra MRI knee joint pada sekuen PD TSE fat saturation. Sekuen T2 fat saturation BLADE menghasilkan citra dengan batas-batas antar jaringan yang lebih tegas, citra lebih jelas, dan tidak terdapat artefak ghosting dari denyut nadi arteri popliteal.

Hasil uji statistik non parametrik Wilcoxon yang menguji perbedaan informasi artefak citra MRI knee joint antara sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE potongan coronal didapatkan nilai p-value 0,002 ($p\text{-value} < 0,05$) yang artinya terdapat perbedaan informasi artefak citra MRI knee joint potongan coronal antara kedua sekuen tersebut.

Gerakan periodik dari denyut nadi arteri popliteal menimbulkan artefak ghosting. Artefak ghosting merupakan replika citra yang tumpang tindih dengan struktur anatomi sebenarnya yang akan menurunkan kualitas citra (Saba, 2016). Artefak yang disebabkan oleh aliran peredaran darah tersebut akan tampak lebih jelas pada sekuen dengan fat saturation karena menghasilkan background yang gelap (Lavdas dkk., 2012).

Pada sekuen PD TSE fat saturation selalu muncul artefak ghosting dari denyut nadi arteri popliteal. Selain disebabkan oleh penggunaan fat

saturation yang mampu memperjelas ghosting artifacts, sekuen PD TSE fat saturation menggunakan teknik pengisian k-space Cartesian. Teknik pengisian k-space Cartesian dilakukan dengan pengisian k-space baris demi baris dari atas ke bawah. Pusat k-space yang berisi karakteristik sinyal dan kontras gambar diperoleh hanya sekali. Dengan demikian, pergerakan pasien yang memiliki efek buruk pada citra yang dihasilkan saat pengisian k-space linier juga digunakan (Cazzoli dkk., 2022).

Sementara itu, pada sekuen T2 fat saturation BLADE menggunakan teknik BLADE. Bagian tengah k-space diperoleh pada setiap TR karena titik data dalam BLADE diputar disekitar pusat k-space. Oleh karena itu, sinyal dan kontras meningkat, serta menghasilkan pengurangan artefak gerak. BLADE mampu menghilangkan fase yang tidak konsisten yang dihasilkan oleh gerakan selama akuisisi. Sehingga artefak ghosting dari denyut nadi arteri popliteal dapat dihilangkan dengan menggunakan sekuen T2 fat saturation BLADE (Lavdas dkk., 2013).

Berdasarkan hasil mean rank uji Wilcoxon perbedaan informasi anatomi menyatakan bahwa sekuen T2 fat saturation BLADE dalam citra MRI knee joint potongan coronal secara keseluruhan anatomi lebih optimal daripada sekuen PD TSE fat saturation. Sekuen T2 fat saturation BLADE memiliki nilai mean rank 4,50 dibandingkan dengan sekuen PD TSE fat saturation yang memiliki nilai mean rank 0,00.

Ditinjau dari setiap bagian anatomi yang dinilai pada citra MRI knee joint potongan coronal, sekuen T2 fat saturation BLADE lebih optimal daripada sekuen PD TSE fat saturation dalam menampilkan citra anatomi anterior cruciate ligament (ACL), posterior cruciate ligament (PCL), collateral ligament, articular cartilage, dan meniscus. Sementara itu, kedua sekuen tersebut memiliki kemampuan yang sama dalam menampilkan bagian anatomi subchondral bone.

Kemudian berdasarkan hasil mean rank uji Wilcoxon perbedaan informasi artefak menyatakan bahwa sekuen T2 fat saturation BLADE lebih optimal dalam menekan ghosting artifacts dalam citra MRI knee joint potongan coronal daripada sekuen PD TSE fat saturation. Sekuen T2 fat saturation BLADE memiliki nilai mean rank 5,50 dibandingkan dengan sekuen PD TSE fat saturation yang memiliki nilai mean rank 0,00.

Sekuen T2 fat saturation BLADE sebaiknya digunakan dalam pemeriksaan MRI knee joint potongan coronal karena menghasilkan citra anatomi knee joint yang lebih optimal dan lebih jelas daripada sekuen PD TSE fat saturation. Sekuen

T2 fat saturation BLADE juga lebih optimal dalam menekan artefak ghosting dari denyut nadi arteri popliteal daripada sekuen PD TSE fat saturation. Meskipun dalam penelitian ini menggunakan volunteer sebagai sampel, hasil penelitian tetap dapat diterapkan terhadap pasien karena denyut nadi arteri popliteal yang mengakibatkan munculnya artefak ghosting pada citra MRI knee joint selalu ada baik pada pasien maupun volunteer.

Namun demikian, sekuen dengan penambahan BLADE juga mempunyai kekurangan yaitu mengenai waktu scanning yang lebih lama. Algoritma diperlukan agar data ditempatkan pada lokasi yang benar pada k-space saat strip data atau BLADE berputar disekitar sumbu pusat. Dalam prosesnya, ada beberapa data dibuang, sehingga waktu pemindaian meningkat karena waktu yang digunakan untuk mengisi k-space lebih lama (Westbrook, 2019).

Simpulan

Terdapat perbedaan informasi anatomi citra MRI knee joint antara sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE potongan coronal secara keseluruhan anatomi. ditinjau dari masing-masing anatomi, terdapat perbedaan informasi anatomi pada ACL, PCL, articular cartilage, dan meniscus. Sementara itu, pada anatomi collateral ligament dan subchondral bone tidak ada perbedaan antara kedua sekuen. Selain itu, juga terdapat perbedaan informasi artefak citra MRI knee joint antara sekuen PD TSE fat saturation dan T2 fat saturation BLADE potongan coronal.

Sekuen T2 fat saturation BLADE lebih optimal daripada sekuen PD TSE fat saturation dalam menampakkan informasi anatomi pada citra MRI knee joint potongan coronal. Sekuen T2 fat saturation BLADE juga lebih optimal dalam menekan artefak ghosting daripada sekuen PD TSE fat saturation.

Daftar Pustaka

Araujo, P., van Eck, C.F., Torabi, M. & Fu, F.H. 2013. How to optimize the use of MRI in anatomic ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(7): 1495–1501.

Calogero, C., Mariangela, P., Marco, D., Virginia, C., Giuseppe, L.R., Giuseppe, S. & Massimo, G. 2022. Application of Radial Acquisition Multishot sequence in Multiparametric MRI of prostate. *Journal of Advanced Health Care*, 97–102.

Cazzoli, M., Pelizzari, L. & Lipari, S. 2022. BLADE: Reducing Motion Artifacts in

Uncooperative Patients with Acquired Brain Injury. *Matrix*, 512(82): 512–320.

Chien, A., Weaver, J.S., Kinne, E. & Omar, I. 2020. Magnetic resonance imaging of the knee. *Polish Journal of Radiology*, 85(1): e509–e531.

Choi, K.S., Choi, Y.H., Cheon, J.E., Kim, W.S. & Kim, I.O. 2020. Application of T1-weighted BLADE sequence to abdominal magnetic resonance imaging of young children: a comparison with turbo spin echo sequence. *Acta Radiologica*, 61(10): 1406–1413.

Drake, Richard L, Vogl, A. Wayne., Mitchell, A.W.. 2020. *GRAY'S ANATOMY FOR STUDENTS, FOURTH EDITION*. fourth ed. Philadelphia: Elsevier Inc.

Godoy, I.R.B., Neto, L.P., Rodrigues, T.C. & Skaf, A. 2018. Intra and extramedullary fat globules as an MRI marker for osteomyelitis. *Radiology Case Reports*, 13(6): 1228–1232. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2018.08.028>.

Von Kalle, T., Blank, B., Fabig-Moritz, C., Müller-Abt, P., Zieger, M., Wohlfarth, K. & Winkler, P. 2013. Diagnostic relevant reduction of motion artifacts in the posterior fossa by syngo BLADE imaging. 7–9. Tersedia di <http://clinical-mri.com/diagnostic-relevant-reduction-of-motion-artifacts-in-the-posterior-fossa-by-syngo-blade-imaging/>.

Lavdas, E., Mavroidis, P., Hatzigeorgiou, V., Roka, V., Arikidis, N., Oikonomou, G., Andrianopoulos, K. & Notaras, I. 2012. Elimination of motion and pulsation artifacts using BLADE sequences in knee MR imaging. *Magnetic Resonance Imaging*, 30(8): 1099–1110.

Lavdas, E., Mavroidis, P., Kostopoulos, S., Glotsos, D., Roka, V., Topalzikis, T., Bakas, A., Oikonomou, G., Papanikolaou, N., Batsikas, G., Kaffes, I. & Kechagias, D. 2013. Improvement of image quality using BLADE sequences in brain MR imaging. *Magnetic Resonance Imaging*, 31(2): 189–200. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.mri.2012.08.001>.

Lavdas, E., Mavroidis, P., Kostopoulos, S., Ninos, C., Strikou, A., Glotsos, D., Vlachopoulou, A., Oikonomou, G., Economopoulos, N., Roka, V., Sakkas, G.K., Tsagkalis, A., Stathakis, S., Papanikolaou, N. & Batsikas, G. 2015. Reduction of motion, truncation and flow artifacts using BLADE sequences in cervical spine MR imaging. *Magnetic Resonance Imaging*, 33(2): 194–200. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.mri.2014.10.014>.

McKinnis, L.N. 2014. *Fundamentals of Musculoskeletal Imaging*. Fourth ed. Zitelli and Davis' Atlas of Pediatric Physical Diagnosis, F. A.

- davis Company. Tersedia di <https://www.crcpress.com/Fundamentals-of-Picoscience/Sattler/p/book/9781466505094#googlr> ePreviewContainer.
- Saba, L. 2016. Magnetic Resonance Imaging Handbook Image Principles, Neck, and the Brain. Journal of Visual Languages & Computing,
- Saifuddin, A., Tyler, P. & Hargunani, R. 2016. Musculoskeletal MRI, Second Edition. Taylor & Francis Group, LLC.
- Tehranzadeh, J. 2014. BASIC MUSCULOSKELETAL IMAGING. McGraw-Hill Education.
- Westbrook, C. 2019. MRI in Practice Fifth Edition.