



## Informasi Anatomi Mri Knee Joint Sekuen T2 Space FS dan PD Space FS pada Potongan Sagital Dengan Klinis Ruptur Anterior Cruciate Ligament (ACL)

Arifina Nuridzati<sup>1</sup>, Edy Susanto<sup>2</sup>, Rasyid<sup>3</sup>, Siti Daryati<sup>4</sup>, Ary Kurniawati<sup>5</sup>

<sup>1</sup>RS Manyar Medical Centre Surabaya, Indonesia

<sup>2,3,4,5</sup>Poltekkes Kemenkes Semarang, Indonesia

Corresponding Author: Arifina Nuridzati

e-mail: arifinanrdzt@gmail.com

### ABSTRACT

**Background:** The T2 and PD sequences are the most sensitive sequences in evaluating injury to the ACL and surrounding soft tissue. Based on observations at the Radiology Installation of Dr. Sardjito Hospital Yogyakarta, the anatomical information generated in the MRI knee joint examination of the PD SPACE FS sequence is almost the same as the T2 SPACE FS sequence. The purpose of this study is to determine the differences in anatomical information and optimal sequences on MRI examination of the knee joint sagittal section sequences of PD SPACE FS and T2 SPACE FS in clinical ACL rupture.

**Method:** This research was a quantitative study with an experimental approach, carried out at the Radiology Installation of Dr. Sardjito Hospital Yogyakarta on 10 samples with the application of different sequences for each sample, with the anatomy assessed by the informant namely ACL, meniscus, articular cartilage, and bone marrow. Further data analysis was carried out using the Wilcoxon test.

**Result:** There was a difference in anatomical information between PD SPACE FS sequences and T2 SPACE FS sequences on MRI examination of the sagittal knee joint with clinical ACL rupture, with the  $p$ -value of the Wilcoxon test 0.001 or  $p$ -value < 0.05. This was due to differences in the use of TR and TE parameters in each sequence. The PD SPACE FS sequence was more optimal in visualizing anatomical information than the T2 SPACE FS sequence with an anatomical mean rank of meniscus 3.50, articular cartilage 3.50, and bone marrow 5.50, whereas in ACL anatomy the mean rank value was the same between the two sequences, which is 2.00.

**Conclusion:** It was because the PD SPACE FS sequence had a more heterogeneous contrast difference than the T2 SPACE FS sequence so each anatomy could be well evaluated in the PD SPACE FS sequence.

**Keyword:** MRI Knee Joint; PD SPACE FS; ruptur ACL; T2 SPACE FS

### Pendahuluan

Magnetic Resonance Imaging (MRI) merupakan salah satu modalitas imejing diagnostik dalam bidang kesehatan yang memanfaatkan medan magnet eksternal dan atom hidrogen yang ada di dalam tubuh manusia. Hasil dari pemeriksaan MRI dapat dievaluasi dari berbagai macam penampang, baik secara *axial*, *sagital*, *coronal*, bahkan *oblique* (Westbrook, 2019). MRI telah menjadi modalitas pilihan dalam menunjukkan patologi dan manajemen pengobatan pasien pada pencitraan *knee joint* (Nacey et al., 2017). Penggunaan MR imaging mampu menghasilkan resolusi spasial yang tinggi serta kontras jaringan yang sangat baik seperti pada *meniscus*, *ligament*, *cartilage*, *bone marrow*, dan struktur lain pada *knee joint* (Hash, 2013).

*Knee joint* merupakan persendian kompleks yang melibatkan sendi *femorotibial joint* dan *patelofemoral joint* dimana patella berartikulasi dengan *anterior surface* dari femur distal (Lampignano et al, 2018). Artikulasi pada *knee joint* terjadi antara femoral condyles dan tibial plateau. Salah satu ligamen *knee joint* yang sering mengalami gangguan yaitu ACL (*Anterior Cruciate Ligament*), dimana wanita memiliki probabilitas delapan kali lebih tinggi mengalami cedera ACL dibandingkan dengan laki-laki. Menurut Mankad et al (2011), MRI *knee joint* memiliki sensitivitas dan spesifisitas yang sangat tinggi mencapai 90-95% dalam deteksi meniscal tears dan hampir 100% dalam deteksi cedera ACL. Agar menghasilkan suatu citra dengan pembobotan tertentu sesuai dengan klinis yang ada pada pemeriksaan MRI *knee*

*joint*, maka diperlukan pemilihan sekuen dan pengaturan parameter citra dalam pemeriksaan MRI, sehingga anatomi dan patologi dapat dievaluasi secara detail.

Potongan sagital pada pemeriksaan MRI *knee joint* dapat menghasilkan citra yang mencakup keseluruhan anatomi *knee joint*, dari *superior patela* hingga *inferior tibial tuberosity* (Westbrook, 2014). Menurut Mankad *et al* (2011), evaluasi struktur ACL paling optimal adalah melalui potongan sagital. Salah satu tanda terjadinya ruptur ACL pada hasil pemeriksaan MRI *knee joint* yaitu *discontinuitas* serat, yang mana paling baik divisualisasikan pada potongan sagital dan axial, namun dalam menginterpretasi citra MRI *knee joint* dengan patologi ruptur ACL, penting untuk dilakukan evaluasi melalui berbagai potongan, termasuk potongan *coronal*, bahkan *oblique* (Nacey *et al.*, 2017).

Penggunaan 3D sekuen dengan *isotropic voxel* seperti SPACE (*Sampling Perfection With Application Optimized Contrasts Using Varying Flip Angle Evolution*) sangat membantu dalam menghasilkan citra dengan resolusi yang tinggi, potongan yang lebih tipis, serta dapat dilakukan rekonstruksi multiplanar menjadi berbagai potongan sehingga memungkinkan satu kali akuisisi sekuen 3D berpotensi untuk mengganti beberapa scanning dengan citra 2D (Nacey *et al.*, 2017). Pencitraan 3D *isotropic* dapat dilakukan pada MRI 1.5T, akan tetapi peningkatan SNR dengan menggunakan MRI 3T akan memungkinkan visualisasi yang lebih baik pada citra hasil reformat sekuen 3D (Shapiro *et al.*, 2010). MRI dengan kuat medan 3T berguna untuk mengevaluasi anatomi dan patologi pada *knee joint*, beberapa penelitian telah mengkonfirmasi bahwa MRI 3T dapat menghasilkan kontras yang baik antara *fat*, *muscle*, *bone*, *hyaline cartilage*, *fibrocartilage* dan juga cairan (Shapiro *et al.*, 2010).

Menurut (Nacey *et al.*, 2017), sekuen rutin pada pemeriksaan MRI *knee joint* yaitu sagital FSE PD, sagital FSE PD FS (*Fat saturation*), Coronal FSE PD, coronal FSE T2 *fat saturation*, dan axial FSE T2 *fat saturation*, akan tetapi pada penggunaan MRI 3T protokol pencitraan harus disesuaikan dengan kuat medan magnet yang digunakan agar tidak mengakibatkan *poor image* atau waktu pencitraan yang lama. Pembobotan Proton Density (PD) digunakan terutama untuk mengevaluasi meniscus karena sensitivitasnya yang tinggi dalam mendeteksi sinyal *fibrocartilage*, sedangkan untuk mendeteksi cedera akut dengan visualisasi *bone marrow* dan edema dari jaringan lunak, digunakan sekuen yang sensitif terhadap cairan (seperti T2 *fat saturation* atau *Inversion Recovery*) (Hash, 2013).

Sekuen T2 dan PD adalah sekuen yang paling sensitif dalam mengevaluasi cedera pada ACL dan jaringan lunak di sekitarnya, sedangkan sekuen T1 dan GRE (Gradient Echo) sangat berguna dalam mengevaluasi cedera tambahan pada tulang dan cartilage (Mankad, 2011). Sedangkan menurut Altahawi *et al* (2021), pembobotan PD optimal untuk mengevaluasi meniscus dan cartilage, pembobotan T2 untuk mengevaluasi tendon dan ligamen, dan pembobotan T1 untuk evaluasi *bone marrow*.

Dalam memvisualisasikan cedera meniscus, ligament, dan cartilage, teknik *fat suppression* memiliki peranan yang penting untuk menghasilkan citra MRI *knee joint* dengan detail yang tinggi, hal ini dikarenakan teknik *fat suppression* dapat menghilangkan sinyal lemak tanpa mempengaruhi sinyal air, sehingga mampu meningkatkan kontras jaringan dan visibilitas lesi (Grande *et al.*, 2014). Penggunaan teknik *fat suppression* pada protokol 2D berfungsi untuk meningkatkan visualisasi edema, sedangkan untuk meningkatkan detail anatomi dapat digunakan sekuen tanpa penggunaan teknik *fat suppression* (Altahawi *et al.*, 2021). Teknik *fat suppression* juga digunakan pada protokol 3D, seperti pada 3D FSE *isotropic* dengan pembobotan *fluid-sensitive (T2-weighted)* yang memungkinkan dalam visualisasi citra dengan resolusi yang tinggi sehingga baik untuk mengevaluasi saraf di sekitar lutut (Altahawi *et al.*, 2021). 3D FSE / 3D TSE yang telah tersedia di berbagai vendor, antara lain yaitu CUBE (GE Healthcare), SPACE (*Sampling Perfection with Application optimized Contrast by using different flip angle Evolution*; Siemens Healthcare), dan VISTA (*Volumetric Isotropic TSE Acquisition*; Phillips Healthcare) (Mugler, 2014).

Berdasarkan studi pendahuluan di Instalasi Radiologi RSUP Dr Sardjito Yogyakarta, protokol rutin yang digunakan pada MRI 3T dengan pemeriksaan *knee joint* di RSUP Dr Sardjito Yogyakarta yaitu sekuen sagital PD SPACE FS (PD SPACE *Fat Sat*), sagital T1 SPACE, sagital PD SPACE, dan sagital T2 SPACE FS (T2 SPACE *Fat Sat*). Menurut informasi dari praktisi dan hasil observasi yang telah penulis lakukan selama studi pendahuluan di Instalasi Radiologi RSUP Dr Sardjito Yogyakarta, intensitas kontras pada sekuen PD SPACE FS memiliki informasi anatomi yang hampir sama bahkan mirip dengan sekuen T2 SPACE FS. Berdasarkan latar belakang di atas, penulis tertarik untuk mengkaji dan meneliti lebih lanjut terkait informasi anatomi MRI *knee joint* potongan sagital antara sekuen PD SPACE FS dan T2 SPACE FS khususnya pada klinis ruptur ACL, yang tertuang dalam skripsi dengan judul "Analisis

Perbedaan Informasi Anatomi MRI Knee joint Sekuen T2 SPACE FS Dan PD SPACE FS Pada Potongan Sagital Dengan Klinis Ruptur Anterior Cruciate Ligament (ACL)”.

## Metode

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental untuk mengetahui perbedaan informasi anatomi pada pemeriksaan MRI knee joint sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE FS pada potongan sagital dengan klinis ruptur ACL. Penelitian ini dilakukan terhadap 10 sampel yang terdiri dari 6 volunter sehat dan 4 pasien dengan klinis ruptur ACL. Subyek dalam penelitian ini adalah citra MRI *knee joint* sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE FS pada potongan sagital dengan klinis ruptur ACL. Informan dalam penelitian ini adalah dokter spesialis radiologi yang berkompeten dan memiliki pengalaman lebih dari tiga tahun memberikan ekspertise MRI sekaligus bertindak sebagai observer untuk menilai informasi anatomi hasil pemeriksaan MRI knee joint. Instrumen yang digunakan yaitu form kuisisioner dengan alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pesawat MRI SIEMENS MAGNETOM SKYRA 3T. Objek yang dinilai antara lain: anatomi meniscus, ACL, articular cartilage, dan bone marro. Hasil penilaian yang telah dilakukan oleh observer pada form kuisisioner selanjutnya dilakukan analisis data dengan menggunakan uji cohen’s kappa untuk mengetahui kesepakatan antar responden dan uji wilcoxon untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan informasi anatomi pada pemeriksaan MRI knee joint sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE FS pada potongan sagital dengan klinis ruptur ACL.

## Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan terhadap 10 sampel, yang terdiri dari 4 pasien dan 6 volunter dengan jenis kelamin laki-laki dan perempuan pada pemeriksaan MRI knee joint potongan sagital dengan distribusi karakteristik sampel sebagai berikut :

**Tabel 1.** Distribusi Sampel Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Jumlah	Persentase
Laki-Laki	5	50%
Perempuan	5	50%

**Tabel 2.** Distribusi Sampel Berdasarkan Umur

Umur (Tahun)	Jumlah	Persentase
21-30	8	80%
31-40	-	-
41-50	1	10%
51-60	1	10%
TOTAL	10	100%

**Tabel 3.** Distribusi Sampel Berdasarkan IMT (Indeks Massa Tubuh)

IMT	Keterangan	Σ	%
<18.5	Kurang	0	0
18.5 – 22.9	Normal	8	80
23 – 29.9	Berlebih	2	20
>30	Obesitas	0	0
Total		10	100%

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan tiga informan yang bertindak sebagai observer untuk menilai informasi anatomi hasil pemeriksaan MRI *knee joint*, yang mana informan merupakan dokter spesialis radiologi.

**Tabel 4.** Karakteristik Informan Penelitian

Informan	Lama Bekerja (Tahun)
1	6
2	5
3	3.5

Penelitian ini menggunakan parameter yang terkontrol antara kedua sekuen, sebagaimana terlihat dalam tabel berikut :

**Tabel 5.** Parameter Penelitian

Parameter	PD SPACE FS (ms)	T2 SPACE FS (ms)
TR	900	1000
TE	28	110
FOV	160	160
Voxel	0.5×0.5×0.5	0.5 × 0.5× 0.5
Slice Thickness	0.5	0.5
NEX	1	1

Dari hasil penilaian informasi anatomi oleh informan, kemudian dilakukan uji reliabilitas atau uji kesepakatan Cohen’s Kappa yang tersaji dalam tabel berikut:

**Tabel 6.** Hasil Uji Reliabilitas Cohen’s Kappa

Informan	Nilai Kappa	Keterangan
I 1 dan I 2	0.7	Kesepakatan Baik
I 1 dan I 3	0.08	Kesepakatan Buruk
I 2 dan I 3	0.1	Kesepakatan Buruk

Anaalisis data selanjutnya yaitu dilakukan pengolahan data uji Wilcoxon untuk mengetahui perbedaan informasi anatomi antara sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE FS.

**Tabel 1.** Hasil Distribusi Observasi Informasi Anatomi ACL

Penilaian	PD SPACE FS		T2 SPACE FS	
	Σ	%	Σ	%
	Tidak Jelas	1	10	2
Cukup Jelas	6	60	3	30
Jelas	3	30	5	50
Total	10	100	10	100

**Tabel 2.** Hasil Distribusi Observasi Informasi Anatomi Meniscus

Penilaian	PD SPACE FS		T2 SPACE FS	
	Σ	%	Σ	%
	Tidak Jelas	-	-	1
Cukup Jelas	3	30	7	70
Jelas	7	70	2	20
Total	10	100	10	100

**Tabel 3.** Hasil Distribusi Observasi Informasi Anatomi Articular Cartilage

Penilaian	PD SPACE FS		T2 SPACE FS	
	Σ	%	Σ	%
	Tidak Jelas	-	-	1
Cukup Jelas	2	20	6	60
Jelas	8	80	3	30
Total	10	100	10	100

**Tabel 4** Hasil Distribusi Observasi Informasi Anatomi Bone Marrow

Penilaian	PD SPACE FS		T2 SPACE FS	
	Σ	%	Σ	%
	Tidak Jelas	-	-	-
Cukup Jelas	-	-	-	-
Jelas	10	100	10	100
Jumlah	10	100	10	100

**Tabel 5.** Hasil Distribusi Observasi Keseluruhan Informasi Anatomi

Penilaian	PD SPACE FS		T2 SPACE FS	
	Σ	%	Σ	%
	Tidak Jelas	1	2.5	4
Cukup Jelas	11	27.5	26	65
Jelas	28	70	10	25
Total	40	100	40	100

Untuk dapat mengetahui perbedaan informasi anatomi antara sekuen PD SPACE FS dan sekuen T2 SPACE FS pada pemeriksaan MRI *knee joint* potongan sagital dengan klinis ruptur ACL, maka dilakukan uji Wilcoxon, dengan hasil pengujian sebagai berikut.

**Tabel 6.** Hasil Uji Wilcoxon Perbedaan Informasi Keseluruhan Anatomi

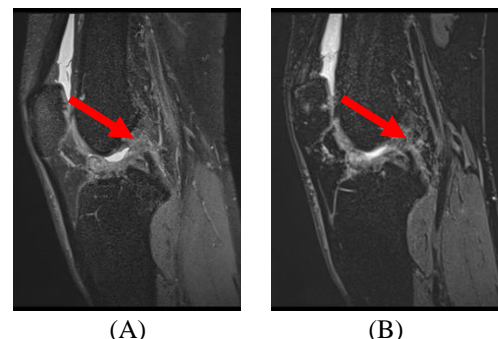
Sekuen	<i>p-value</i>	Keterangan
T2 SPACE FS-PD SPACE FS	0.001	Ada Perbedaan

Berdasarkan tabel 12, hasil uji keseluruhan informasi anatomi, didapatkan nilai *p-value* 0.001 ( $p < 0.05$ ) yang artinya ada perbedaan informasi anatomi antara sekuen PD SPACE FS dan sekuen T2 SPACE FS pada pemeriksaan MRI *knee joint* potongan sagital dengan klinis ruptur ACL.

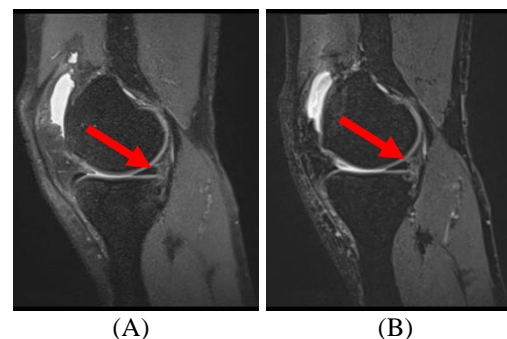
**Tabel 7.** Hasil Uji Wilcoxon Perbedaan Masing-Masing Informasi Anatomi

Anatomi	<i>p-value</i>	Keterangan
ACL	0.564	Tidak Ada Perbedaan
Meniscus	0.014	Ada Perbedaan
Articular Cartilage	0.014	Ada Perbedaan
Bone Marrow	0.002	Ada Perbedaan

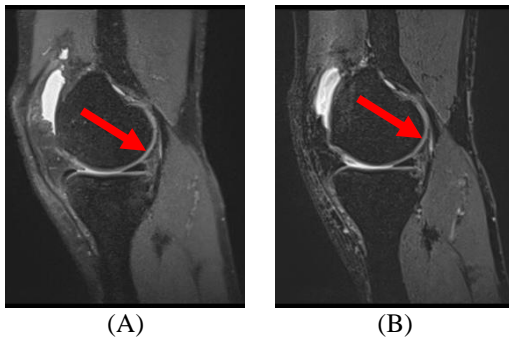
Hasil citra MRI *knee joint* sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE FS :



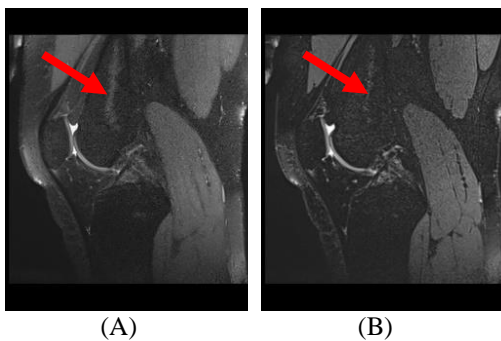
**Gambar 1.** Hasil Citra MRI *knee joint* sekuen PD SPACE FS (A) dan T2 SPACE FS (B), anatomi ACL (panah merah).



**Gambar 2.** Hasil Citra MRI *knee joint* sekuen PD SPACE FS (A) dan T2 SPACE FS (B), anatomi meniscus medial (panah merah).



**Gambar 3.** Hasil Citra MRI knee joint sekuen PD SPACE FS (A) dan T2 SPACE FS (B), anatomi articular cartilage (panah merah).



**Gambar 4** Hasil Citra MRI knee joint sekuen PD SPACE FS (A) dan T2 SPACE FS (B), anatomi bone marrow (panah merah)

Untuk dapat mengetahui sekuen yang lebih baik dalam memvisualisasikan informasi anatomi MRI *knee joint* antara sekuen PD SPACE FS dan T2 SPACE FS potongan sagital dengan klinis ruptur ACL, maka dapat dilihat dari nilai *mean rank* hasil uji Wilcoxon antara kedua sekuen. Semakin tinggi nilai *mean rank* sekuen tersebut, maka semakin baik pula suatu sekuen dalam memvisualisasikan informasi anatomi.

**Tabel 8.** Hasil Mean Rank Uji Wilcoxon Antara Sekuen PD SPACE FS dan Sekuen T2 SPACE FS

Anatomi	Mean Rank	
	PD SPACE FS	T2 SPACE FS
ACL	2.00	2.00
Meniscus	3.50	0.00
Articular Cartilage	3.50	0.00
Bone Marrow	5.50	0.00

Berdasarkan tabel 14, hasil nilai *mean rank* uji Wilcoxon menunjukkan bahwa sekuen PD SPACE FS lebih unggul dalam memvisualisasikan anatomi *meniscus*, *articular cartilage*, dan *bone marrow*, sedangkan pada anatomi ACL, sekuen PD SPACE FS dan T2 SPACE FS memiliki nilai *mean rank* yang sama sebesar 2.00.

Berdasarkan hasil uji Wilcoxon keseluruhan informasi anatomi diperoleh hasil *mean rank* yaitu sebagaimana terlihat pada tabel 15 berikut:

**Tabel 9** Hasil Mean Rank Keseluruhan Uji Wilcoxon

Sekuen	Mean Rank
PD SPACE FS	13.00
T2 SPACE FS	13.00

Berdasarkan tabel 15 di atas, diperoleh nilai *mean rank* keseluruhan anatomi yang sama antara sekuen PD SPACE FS dan T2 SPACE FS pada kasus ruptur ACL.

Berdasarkan hasil uji statistik non parametrik dengan menggunakan uji Wilcoxon, diperoleh nilai  $\rho$ -value keseluruhan anatomi yaitu 0.001 atau  $\rho < 0.05$ . Hasil tersebut menunjukkan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima, artinya ada perbedaan informasi anatomi antara sekuen PD SPACE FS dan sekuen T2 SPACE FS pada pemeriksaan MRI knee joint potongan sagital dengan klinis ruptur ACL. Apabila ditinjau dari masing-masing informasi anatomi, anatomi ACL memiliki nilai  $\rho$ -value yaitu 0.564, meniscus memiliki nilai  $\rho$ -value yaitu 0.014, articular cartilage memiliki nilai  $\rho$ -value yaitu 0.014, dan bone marrow memiliki nilai  $\rho$ -value 0.002. Dari ke-empat informasi anatomi yang dinilai oleh informan, hanya ada satu anatomi yang tidak memiliki perbedaan antara sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE FS, yaitu anatomi ACL dengan nilai  $\rho$ -value 0.564 atau  $\rho > 0.05$ , sedangkan anatomi meniscus, articular cartilage, dan bone marrow memiliki  $\rho$ -value  $< 0.05$ , yang artinya terdapat perbedaan informasi anatomi yang dihasilkan antara sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE FS.

Menurut peneliti, adanya perbedaan informasi anatomi yang dihasilkan antara sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE ini dikarenakan adanya perbedaan waktu T1 recovery dan T2 decay dari masing-masing jaringan pada anatomi penyusun knee joint. Agar didapatkan perbedaan waktu recovery dan decay antar jaringan, maka harus dihasilkan suatu resonansi. Resonansi dapat terjadi apabila objek diberikan vibrasi berupa sinyal RF (radiofrekuensi) yang sama dengan frekuensi larmor proton atom hydrogen. Ketika proton atom hydrogen diberikan sinyal RF, maka terjadilah eksitasi yang mana NMV (Nett Magnetization Vector) proton atom hydrogen akan bergerak dari

bidang longitudinal (z) ke bidang transversal (xy) atau sering disebut dengan flip angle. Ketika proton atom hydrogen sudah tidak diberi sinyal RF (RF off), maka akan terjadi peristiwa relaksasi, dimana NMV dari bidang transversal akan kembali ke bidang longitudinal (sejajar dengan medan magnet eksternal/B<sub>0</sub>). Relaksasi merupakan peristiwa lepasnya seluruh energi yang diserap dan kembali lagi ke B<sub>0</sub> (Westbrook, 2019). Pada saat terjadi relaksasi, maka terdapat dua peristiwa yang terjadi yaitu T1 recovery dan T2 decay. Relaksasi akan menghasilkan recovery di bidang longitudinal (T1 Recovery) dan decay di bidang transversal (T2 Decay) (Westbrook, 2019)). T1 recovery adalah waktu yang diperlukan untuk kembalinya 63% magnetisasi longitudinal, dengan kontras jaringan akan tampak hyperintens dan cairan tampak hypointens, sedangkan T2 decay adalah waktu yang diperlukan untuk magnetisasi transversal meluruh hingga 37% dari nilai awal, jaringan akan tampak hypointens, sedangkan cairan akan tampak hyperintens (Westbrook, 2019). Proses kembalinya NMV dari posisi transversal ke longitudinal bergantung pada karakteristik dari masing-masing jaringan, sehingga dengan adanya perbedaan kecepatan ketika recovery maupun decay ini maka dihasilkanlah kontras yang berbeda-beda pada masing-masing jaringan.

Selain perbedaan faktor waktu T1 dan T2 dari masing-masing jaringan, TR dan TE juga berpengaruh dalam menampilkan perbedaan kontras dari hasil citra MRI. Jika ingin dihasilkan kontras citra dengan pembobotan T1 maka harus digunakan TR dan TE yang pendek, pembobotan T2 digunakan TR dan TE yang panjang, sedangkan pada pembonotan Proton Density digunakan TR panjang dan TE pendek. Dalam penelitian ini, sekuen T2 SPACE FS menggunakan TR dan TE yang panjang, yaitu 1000 ms dan 110 ms. Kontras gambar T2 ditentukan oleh TE, karena dengan TE yang panjang maka setiap jaringan akan memiliki waktu untuk decay, sedangkan jika TE pendek maka hanya sedikit yang mengalami dephasing sehingga tidak menghasilkan gambaran yang menunjukkan perbedaan waktu T2 decay. Sedangkan pada sekuen PD SPACE FS digunakan TR yang panjang dan TE yang pendek, yaitu 900 ms dan 28 ms. Hal ini dikarenakan untuk dapat menghasilkan kontras

berdasarkan densitas proton dari setiap jaringan, maka faktor-faktor pembentuk T1 dan T2 harus dihilangkan. TR harus dibuat panjang untuk menghilangkan efek T1 dan TE harus dibuat pendek untuk menghilangkan efek T2. Karena TR yang panjang akan memungkinkan lemak dan air untuk sepenuhnya kembali ke magnetisasi longitudinal, sedangkan dengan TE yang pendek maka tidak akan memberi waktu bagi lemak dan air untuk decay. Atas dasar itulah, maka sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE FS menghasilkan intensitas kontras yang berbeda pada objek yang sama, sehingga dihasilkan informasi anatomi yang berbeda pula pada masing-masing sekuen. Pendapat ini didukung oleh penelitian Shapiro et al (2010), yang menyatakan bahwa kontras jaringan pada MRI ditentukan oleh beberapa variabel, antara lain TR dan TE yang dipilih, waktu relaksasi T1 dan T2 jaringan dan penggunaan fat saturation.

Berdasarkan uji Wilcoxon masing-masing informasi anatomi, diperoleh nilai mean rank yaitu sebagai berikut.

#### 1. Meniscus

Menurut penulis, anatomi meniscus tervisualisasi dengan sinyal yang hipointens antara kedua sekuen dengan bentuk menyerupai segitiga. Hal ini dikarenakan anatomi meniscus memiliki T2 time yang pendek sehingga jaringan mampu mengalami decay dan tervisualisasi hipointens. Menurut Nacey et al (2017) struktur seperti meniscus, ligament, tendon dan cortical bone pada knee joint menunjukkan sinyal hipointens pada citra dengan pembobotan T1 dan T2. Pernyataan ini juga didukung oleh pendapat Hegazi & Wu (2020), yang menyatakan bahwa meniscus yang normal akan tampak hipointens pada semua pulse sekuen dan memiliki bentuk yang triangular.

Berdasarkan hasil uji Wilcoxon, anatomi meniscus dengan penggunaan sekuen PD SPACE FS lebih superior dalam memvisualisasikan anatomi meniscus dengan nilai mean rank 3.50 dibandingkan dengan sekuen T2 SPACE FS. Hasil dari penelitian ini sejalan dengan pendapat Hash (2013) yang menyatakan bahwa penggunaan sekuen dengan short time echo sequence (seperti PD dan T1-



weighted) sangat sensitif dalam deteksi struktur fibrocartilage/ tulang rawan, seperti meniscus.

## 2. Articular Cartilage

Berdasarkan hasil uji statistik non parametrik Wilcoxon, diperoleh nilai mean rank anatomi articular cartilage pada sekuen PD SPACE FS 3.50 lebih superior dibandingkan dengan sekuen T2 SPACE FS. Magnetic Resonance Imaging (MRI) telah dianggap sebagai teknik gold standard yang digunakan dalam evaluasi dan monitoring patologi pada cartilage dan efek pharmacological, serta terapi post surgical (Abdulaal et al., 2017). Menurut penulis, anatomi articular cartilage tervisualisasi dengan sinyal hipointens pada sekuen PD SPACE FS dengan batas-batas yang masih dapat diidentifikasi dan dapat memvisualisasikan sinyal hiperintens dari cairan sendi, sedangkan pada sekuen T2 SPACE FS sinyal pada anatomi articular cartilage cenderung homogen dengan epifisis knee joint sehingga batas-batas dari anatomi articular cartilage kurang dapat diidentifikasi. Hasil dari penelitian ini sejalan dengan pendapat Nacey et al (2017), teknik akuisisi 3D FSE seperti SPACE dapat digunakan untuk memperoleh variabel kontras yang sangat membantu dalam evaluasi cartilage dengan penggunaan sekuen PD fat saturated. Hal ini dikarenakan dengan pembobotan Proton Density dimungkinkan terjadi peningkatan nilai SNR, karena penggunaan parameter TR yang panjang dan TE yang pendek, sehingga baik dalam mengevaluasi struktur anatomi dengan lebih detail. Pernyataan ini didukung oleh pendapat Yao et al (2007), yang menyatakan bahwa pembobotan proton density memberikan keuntungan karakteristik SNR yang baik, menghasilkan citra dengan resolusi yang tinggi sehingga memungkinkan untuk evaluasi bagian tubuh yang kecil.

## 3. Bone Marrow

Berdasarkan hasil uji Wilcoxon, diperoleh hasil mean rank anatomi bone marrow pada sekuen PD SPACE FS yaitu sebesar 5.50, lebih superior dibandingkan dengan sekuen T2 SPACE FS. Tujuan dari digunakannya teknik

fat saturation yaitu untuk mensuppress lemak sehingga anatomi lemak akan tervisualisasi sebagai sinyal yang hipointens.

Dalam penelitian ini, anatomi bone marrow tampak sinyal hiperintens pada kedua pembobotan. Hal ini dikarenakan bone marrow tidak hanya tersusun atas jaringan lemak saja namun juga terdapat jaringan hematopoietic (stem cell) yang merupakan sel-sel dalam bone marrow yang memproduksi eritrosit, leukosit, dan trombosit (Travlos, 2006). Karena lemak memiliki waktu T2 decay yang pendek, oleh karenanya pada pembobotan T2, lemak memiliki sinyal yang hipointens, sedangkan pada pembobotan PD karena digunakan TR yang panjang maka akan memungkinkan lemak dan air untuk sepenuhnya kembali ke magnetisasi longitudinal, sedangkan dengan TE yang pendek maka tidak akan memberi waktu bagi lemak dan air untuk decay, sehingga antara kedua pembobotan ini, jaringan lemak relatif hiperintens dan lebih terlihat pada sekuen PD SPACE FS dibandingkan dengan pembobotan T2 SPACE FS.

## 4. ACL (Anterior Cruciate Ligament)

Berdasarkan hasil uji Wilcoxon, anatomi ACL memiliki nilai mean rank yang sama sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE yaitu 3.50. Menurut penulis, pada hasil penelitian ini anatomi ACL sama-sama tampak hipointens pada kedua sekuen, sehingga mampu menghasilkan informasi anatomi ACL yang sama pula antara kedua sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE FS. Hasil dari penelitian ini sejalan dengan pendapat Wu et al (2012), yang mengatakan bahwa sekuen T2 FS dan PD FS memiliki keunggulan pada pemeriksaan MRI knee joint, karena dapat mendeteksi adanya fraktur okultisme ekstremitas, terutama bone contusion, ligamen, tendon, dan cidera meniscus..

Sekuen yang lebih optimal dalam menampilkan informasi anatomi MRI knee joint potongan sagital antara sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE FS dengan klinis ruptur Anterior Cruciate Ligament (ACL).

Berdasarkan nilai mean rank keseluruhan anatomi dengan uji Wilcoxon, diperoleh hasil yang sama antara sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE FS yaitu 13.00. Akan tetapi, hasil mean rank keseluruhan informasi anatomi tersebut tidak sinkron dengan hasil mean rank masing-masing informasi anatomi, sehingga untuk menentukan sekuen yang lebih optimal agar tidak terjadi bias dalam hasil penelitian ini, penulis merujuk pada hasil nilai mean rank masing-masing informasi anatomi pada tabel 14 serta hasil distribusi frekuensi keseluruhan anatomi pada tabel 11.

Berdasarkan hasil distribusi observasi keseluruhan informasi anatomi MRI knee joint irisan sagital pada tabel 11, sekuen PD SPACE FS memiliki prosentase penilaian tidak jelas 2.5%, cukup jelas 27.5%, dan anatomi yang jelas sebesar 70%, sedangkan sekuen T2 SPACE FS memiliki prosentase tidak jelas sebesar 10%, cukup jelas 65%, dan jelas sebesar 25%, sedangkan pada tabel 15 mean rank masing-masing informasi anatomi, sekuen PD SPACE FS lebih unggul dalam memvisualisasikan anatomi meniscus, articular cartilage, dan bone marrow, sedangkan pada anatomi ACL, sekuen PD SPACE FS dan T2 SPACE FS memiliki nilai mean rank yang sama sebesar 2.00.

Menurut penulis, sekuen PD SPACE FS memiliki perbedaan kontras yang lebih heterogen daripada kontras citra dengan sekuen T2 SPACE FS. Hal ini dapat terjadi karena pada pembobotan T2 SPACE FS, digunakan nilai TE yang panjang sehingga setiap jaringan akan memiliki waktu untuk decay. Waktu T2 decay lemak lebih pendek daripada air, sehingga komponen transverse magnetisasi lemak akan mengalami decay lebih cepat daripada air, sehingga pada pembobotan T2 air akan tampak hiperintens dan lemak akan relatif hipointens. Lemak yang sudah hipointens tersebut kemudian kembali tersuppress dengan digunakannya teknik fat suppression, sehingga akan tampak lebih hipointens. Berdasarkan pengamatan penulis terhadap hasil gambar, sekuen T2 SPACE FS menampakkan sinyal yang hipointens pada

anatomi meniscus dan ligament. Hal ini didukung oleh pendapat Nacey et al (2017), yang menyatakan bahwa struktur seperti meniscus, ligamen, tendon, dan cortical bone pada knee joint semuanya menunjukkan sinyal yang hipointens pada gambar dengan pembobotan T1 dan T2, karena waktu T2 relaksasi jaringan lebih pendek daripada TE terpendek yang bisa digunakan. Sedangkan pada sekuen PD SPACE FS, gambaran lemak relatif lebih keabu-abuan, lebih hiperintens daripada anatomi ligament, namun lebih hipointens daripada kontras cairan, sehingga setiap anatomi mampu dievaluasi dengan baik pada sekuen PD SPACE FS. Sehingga, sekuen PD SPACE FS lebih optimal dalam menampilkan informasi anatomi MRI knee joint potongan sagital dengan klinis ruptur Anterior Cruciate Ligament (ACL) dibandingkan dengan sekuen T2 SPACE FS.

### **Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian perbandingan informasi anatomi MRI knee joint sekuen T2 SPACE FS dan PD SPACE FS pada kasus ruptur ACL dengan potongan sagital, didapatkan kesimpulan bahwa ada perbedaan informasi anatomi antara sekuen PD SPACE FS dan sekuen T2 SPACE FS pada pemeriksaan MRI knee joint potongan sagital dengan klinis ruptur ACL, dengan nilai  $p$ -value uji Wilcoxon yaitu 0.001 atau  $p$ -value < 0.05.

Sekuen PD SPACE FS lebih optimal dalam memvisualisasikan informasi anatomi dibandingkan sekuen T2 SPACE FS dengan nilai mean rank anatomi meniscus 3.50, articular cartilage 3.50, bone marrow 5.50, sedangkan pada anatomi ACL dihasilkan nilai mean rank yang sama antara kedua sekuen yaitu sebesar 2.00.

Sebaiknya pada pemeriksaan MRI knee joint dengan klinis ruptur ACL digunakan sekuen PD SPACE FS agar dapat dilakukan evaluasi struktur anatomi yang lebih optimal. Serta sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan sampel penelitian sesuai kriteria inklusi, serta menambahkan evaluasi nilai CNR dan SNR agar didapatkan hasil yang lebih akurat.

### **Daftar Pustaka**

Abdulaal, O. M., Rainford, L., MacMahon, P., Kavanagh, E., Galligan, M., Cashman, J., & McGee, A. (2017). 3T MRI of the knee with optimised isotropic 3D sequences: Accurate



- delineation of intra-articular pathology without prolonged acquisition times. *European Radiology*, 27(11), 4563–4570. <https://doi.org/10.1007/s00330-017-4816-x>
- Altahawi, F., Pierce, J., Aslan, M., Li, X., Winalski, C. S., & Subhas, N. (2021). 3D MRI of the Knee. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 25(3), 455–467. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1730400>
- Grande, F. Del, Santini, F., Herzka, D. A., Aro, M. R., Dean, C. W., Gold, G. E., & Carrino, J. A. (2014). Fat-suppression techniques for 3-T MR imaging of the musculoskeletal system. *Radiographics*, 34(1), 217–233. <https://doi.org/10.1148/rg.341135130>
- Hash, T. W. (2013). Magnetic Resonance Imaging of the Knee. *Sports Health*, 5(1), 78–107. <https://doi.org/10.1177/1941738112468416>
- Hegazi, T. M., & Wu, J. S. (2020). Musculoskeletal MRI case-based approach. In *Seminars in roentgenology* (Vol. 45, Issue 3). Springer.
- Lampignano (2018). *Bontrager's Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy* (9th ed.).
- Mankad (2011). *MRI of the whole body an illustrated guide to common pathologies*. Hodder Arnold.
- Mugler (2014). Optimized three-dimensional fast-spin-echo MRI. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 39(4), 745–767. <https://doi.org/10.1002/jmri.24542>
- Nacey., Geeslin, M. G., Miller, G. W., & Pierce, J. L. (2017). Magnetic resonance imaging of the knee: An overview and update of conventional and state of the art imaging. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 45(5), 1257–1275. <https://doi.org/10.1002/jmri.25620>
- Shapiro, L., Staroswiecki, E., & Gold, G. (2010). MRI of the Knee: Optimizing 3T Imaging. *Seminars in Roentgenology*, 45(4), 238–249. <https://doi.org/10.1053/j.ro.2009.12.007.MRI>
- Travlos, G. S. (2006). Normal Structure, Function, and Histology of the Bone Marrow. *Toxicologic Pathology*, 34(5), 548–565. <https://doi.org/10.1080/01926230600939856>
- Westbrook (2014). *HANDBOOK OF MRI TECHNIQUE* (4th ed.). John Wiley & Sons, Ltd.
- Westbrook (2019). *MRI In Practice* (5th ed.). John Wiley & Sons, Ltd.
- Wu, et al (2012). The Application of Fat-Suppression MR Pulse Sequence in the Diagnosis of Bone-Joint Disease. *International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology*, 01(03), 88–94. <https://doi.org/10.4236/ijmpcero.2012.13012>
- Yao, L., Pitts, J. T., & Thomasson, D. (2007). Isotropic 3D fast spin-echo with proton-density-like contrast: a comprehensive approach to musculoskeletal MRI. *AJR. American Journal of Roentgenology*, 188(2), 199–203. <https://doi.org/10.2214/AJR.06.0556>