

PERBANDINGAN CNR MRI KNEE JOINT PASIEN LIGAMENT INJURY DENGAN DAN TANPA MTC

Amabel Odelia Anggri Ruha^{1*}, I Putu Eka Juliantara², Ni Luh Putu Sari Widari³

AKTEK Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali, Indonesia^{1,2,3}

*Corresponding Author : amabelodelia47@gmail.com

ABSTRAK

Magnetization Transfer Contrast (MTC) adalah teknik dalam pencitraan medis yang dirancang untuk menekan sinyal *background* dan meningkatkan *Contrast to Noise Ratio (CNR)*. Dengan menekan sinyal dari makromolekul dalam lemak, *gray matter*, dan *white matter*. Pada pemeriksaan MRI *knee joint*, MTC memberikan kontras jaringan yang lebih baik dibandingkan tanpa MTC, sehingga sangat bermanfaat dalam evaluasi muskuloskeletal dengan meningkatkan kontras antara otot yang aktif dan kurang aktif, membantu diagnosis kondisi terkait sendi. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisa perbedaan kontras jaringan pada pemeriksaan MRI *knee joint* dengan kasus *ligament injury* yang menggunakan penerapan *Magnetization Transfer Contrast (MTC)* pada *sequence T2 Sagital*. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan pendekatan studi eksperimen. Populasi dan sampel penelitian yaitu 10 pasien pemeriksaan MRI *knee joint* klinis *ligament injury*, dan masing-masing sampel dilakukan penerapan MTC dan tanpa penerapan MTC pada sekuen T2WI Sagital. Data yang diperoleh diolah menggunakan perangkat lunak Radiant DICOM dan dianalisis dengan uji normalitas serta uji *Paired T-Test* menggunakan SPSS 25. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa nilai signifikansi (*p-value*) untuk CNR dengan dan tanpa MTC adalah $> 0,05$, menunjukkan bahwa data CNR terdistribusi normal. Oleh karena itu, uji parametrik (*Paired T-Test*) dilakukan, menghasilkan nilai Asymp. Sig (*p-value*) sebesar 0,000. Karena nilai *p-value* $< 0,05$, hipotesis alternatif (H_a) diterima dan hipotesis nol (H_0) ditolak, menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam CNR pada pemeriksaan MRI *knee joint* sekuen T2WI Sagital dengan penerapan MTC dibandingkan tanpa MTC. Metode MTC memberikan CNR yang lebih optimal dalam pemeriksaan MRI *knee joint* untuk kasus *ligament injury*.

Kata kunci : CNR , *ligament injury*, *magnetization transfer contrast*

ABSTRACT

Magnetization Transfer Contrast (MTC) is a technique in medical imaging designed to suppress background signals and enhance the contrast-to-noise ratio (CNR). By suppressing signals from macromolecules in fat, gray matter, and white matter. In MRI knee joint examinations, MTC provides better tissue contrast compared to non-MTC, making it highly beneficial in musculoskeletal evaluations by enhancing the contrast between active and less active muscles, thereby aiding in the diagnosis of joint-related conditions. The aim of this study is to analyze the difference in tissue contrast in MRI knee joint examinations with ligament injury cases using Magnetization Transfer Contrast (MTC) on T2 Sagittal sequences. This research employs a quantitative methodology with an experimental study approach. The population and sample of the study consist of 10 patients undergoing clinical MRI knee joint examinations for ligament injury, with each sample undergoing MTC and non-MTC application on sagittal T2WI sequences. Data obtained were processed using Radiant DICOM software and analyzed with normality tests and Paired T-Tests using SPSS 25. Normality test results showed that the significance value (*p-value*) for CNR with and without MTC was $> 0,05$ indicating that the CNR data were normally distributed. Therefore, a parametric test (*Paired T-Test*) was conducted, yielding an Asymp. Sig (*p-value*) of 0,000. Since the *p-value* $< 0,05$, the alternative hypothesis (H_a) was accepted, and the null hypothesis (H_0) was rejected, indicating a significant difference in CNR in MRI knee joint examinations on sagittal T2WI sequences with MTC application compared to without MTC. The MTC method provides a more optimal CNR in MRI knee joint examinations for ligament injury cases.

Keywords : CNR , *ligament injury*, *magnetization transfer contrast*

PENDAHULUAN

Cedera pada sendi lutut dapat terjadi karena dampak benturan saat jatuh, kontak fisik, atau gerakan tiba-tiba seperti berhenti atau mengubah arah dengan cepat ke depan, belakang, atau berputar secara berlebihan, yang dapat menyebabkan kerusakan pada *ligament* (Rosyida, Fakhruddin Agil Syafa'at, 2020). Pencitraan MRI untuk klinis cedera pada *ligament* biasanya digunakan setelah hasil sinar-X menunjukkan bahwa tidak ada cedera atau masalah struktur tulang. MRI memberikan gambaran yang jelas tentang *ligament*, meniskus, jaringan lunak, dan lainnya (M. Houech & Peltekova, 2021). MRI merupakan pemeriksaan terbaik untuk mendiagnosa cedera pada *ligament* karena memiliki keakuratan lebih dari 90% (Iyer, 2013).

Teknologi pencitraan medis non-invasif yang dikenal sebagai MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) dapat menghasilkan gambar anatomi tiga dimensi dengan resolusi tinggi tanpa menggunakan radiasi. Ini telah menjadi landasan penting dalam diagnosis penyakit, perencanaan terapi, dan pemantauan respons terhadap pengobatan. Ini mengubah cara kita melihat berbagai kondisi medis dengan informasi yang sangat rinci dan bebas radiasi (Wong, 2015). Salah satu keunggulan MRI adalah dapat menghasilkan gambar tubuh dengan potongan sagital, coronal dan axial (Mri & Gbcas, 2023). Kualitas citra pada pemeriksaan MRI dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu *Signal to Noise Ratio* (SNR), *Contrast to Noise Ratio* (CNR), *Spatial Resolution* dan *scan time*. CNR didefinisikan sebagai perbedaan SNR antara dua area yang berdekatan. CNR ditingkatkan dengan meningkatkan sinyal dari patologi atau struktur yang penting untuk dilihat. Selain itu, dapat meningkatkan kontras dengan mengurangi sinyal dari struktur normal menggunakan metode seperti MTC (Westbrook & Talbot, 2019).

Magnetization Transfer Contrast (MTC) merupakan teknik yang digunakan untuk menekan *background* dan meningkatkan *Contrast to Noise Ratio* (CNR). MTC menekan sinyal dari makromolekul dalam lemak, serta *gray matter* dan *white matter*. Dengan meningkatnya penekanan *background*, dapat melihat pembuluh darah perifer yang lebih kecil (Westbrook et al., 2011). MTC juga mampu mengukur kontras jaringan dengan lebih baik dibandingkan tidak menggunakan MTC pada pemeriksaan MRI *knee joint*. *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) digunakan dalam pencitraan medis untuk membedakan antara tulang rawan artikular (yang merupakan jaringan ikat padat di sendi) dan cairan sendi yang berdekatan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh M. Vahlensieck dkk., (1994) dijelaskan bahwa MTC mampu memberikan sensitivitas terhadap degenerasi cartilage dini serta membantu dalam mendeteksi cacat cartilage. Cara kerja teknik ini adalah dengan menekan atau mengurangi sinyal yang dihasilkan dari tulang rawan, sehingga memungkinkan cairan sendi yang berdekatan terlihat dengan lebih jelas. Dengan demikian, MTC membantu dokter dalam mendiagnosis kondisi atau masalah kesehatan tertentu yang terkait dengan sendi. MTC dapat diaplikasikan pada pemeriksaan *musculoskeletal* dimana dengan penggunaan MTC dapat meningkatkan *contrast* antara otot yang aktif dan yang kurang aktif.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan perbedaan kontras jaringan pada pemeriksaan MRI *knee joint* dengan kasus *ligament injury* antara penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) dan tanpa penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) pada *sequence* T2 Sagital, serta bertujuan untuk mengevaluasi metode yang dapat meningkatkan kontras jaringan (CNR) pada pemeriksaan MRI *knee joint* dengan kasus *ligament injury* dengan menerapkan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) pada *sequence* T2 sagital.

METODE

Penelitian ini penulis menggunakan penelitian kuantitatif analitik dengan pendekatan eksperimen. Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasien yang melakukan pemeriksaan MRI *knee joint* dengan klinis *ligament injury* sebanyak 10 pasien. Yang dimana

masing-masing pasien akan diterapkan sekuen T2 Sagital dengan menggunakan penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) dan tanpa penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC). Pengambilan data dilakukan pada bulan April-Mei 2024 di RSD Mangusada Badung. Pesawat MRI yang digunakan yaitu merk Siemens 1,5 Tesla. Prosedur penelitian yaitu didapatkan hasil citra MRI *knee joint* dengan klinis *ligament injury* dalam bentuk *raw data* (format DICOM). Dilakukan pengukuran *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) pada daerah yang akan dievaluasi dan daerah *background* untuk mengetahui rata-rata sinyal masing-masing citra. Pengukuran SNR masing-masing citra dilakukan dengan cara memberikan *Region of Interest* (ROI) pada *Synovial fluid*, *cartilage*, *soft tissue*, ACL, PCL, dan *background* dengan ukuran ROI yang sama. Nilai *mean signal* objek yang diukur dibagi dengan *Mean SD Noise* pada *background*. Dilanjutkan dengan pengukuran CNR masing-masing citra dengan cara menghitung selisih SNR dua jaringan yang berdekatan.

CNR dalam penelitian ini adalah selisih antar SNR *soft tissue* dengan ACL (ST-ACL), SNR *soft tissue* dengan PCL (ST-PCL), SNR *soft tissue* dengan *cartilage* (ST-CART), SNR *soft tissue* dengan *synovial fluid* (ST-SFL). Data hasil pengukuran CNR dicatat pada lembar *worksheet* kemudian dianalisis menggunakan SPSS.

Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan *software* SPSS dengan melakukan uji normalitas terlebih dahulu terhadap sebaran data tersebut untuk mengetahui sebaran data berdistribusi normal ($\text{sig} > 0,05$) atau tidak berdistribusi normal ($\text{sig} < 0,05$). Setelah dilakukan uji normalitas dan data disimpulkan berdistribusi normal maka dilanjutkan dengan uji parametrik menggunakan metode uji *Paired T-Test*, dan jika data disimpulkan tidak berdistribusi normal maka akan dilanjutkan dengan uji non parametrik menggunakan metode uji wilcoxon. Pada analisis data ditetapkan tingkat kepercayaan (*level of significance*) dengan nilai 95% ($\alpha = 0,05$). Dimana dasar untuk pengambilan keputusan yaitu apabila nilai $\text{sig} < 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

HASIL

Penelitian dilakukan di Instalasi Radiologi RSD Mangusada Badung mengenai perbedaan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) pada pemeriksaan MRI *knee joint* dengan kasus *ligament injury* antara penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) dan tanpa penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) pada *sequence* T2 Sagital. Alat yang digunakan di RSD Mangusada Badung yaitu alat MRI merk Siemens 1,5 tesla, sekuen yang digunakan untuk penelitian ini yaitu sekuen T2WI sagital dengan dilakukan penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) dan tanpa penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC).

Deskripsi sampel

Sampel yang digunakan pada saat pengambilan data yaitu 10 data pasien dengan klinis *ligament injury* berdasarkan lembaran surat pengantar yang dibawa untuk menjalani pemeriksaan MRI *knee joint*. Sekuen yang digunakan yaitu sekuen T2WI sagital dengan dilakukan penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) dan tanpa penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC).

Tabel 1. Karakteristik Sampel Berdasarkan Jenis Kelamin pada MRI *Knee Joint* Pasien *Ligament Injury* dengan dan Tanpa MTC

Jenis Kelamin	Jumlah	Presentase
Laki-laki	6	60%
Perempuan	4	40%
Total	10	100%

Berdasarkan tabel 1 diketahui bahwa besar sampel sebanyak 10 pasien dan pasien dalam penelitian ini berjenis kelamin laki-laki yaitu sebanyak 6 pasien (60%) dan berjenis kelamin perempuan sebanyak 4 pasien (40%).

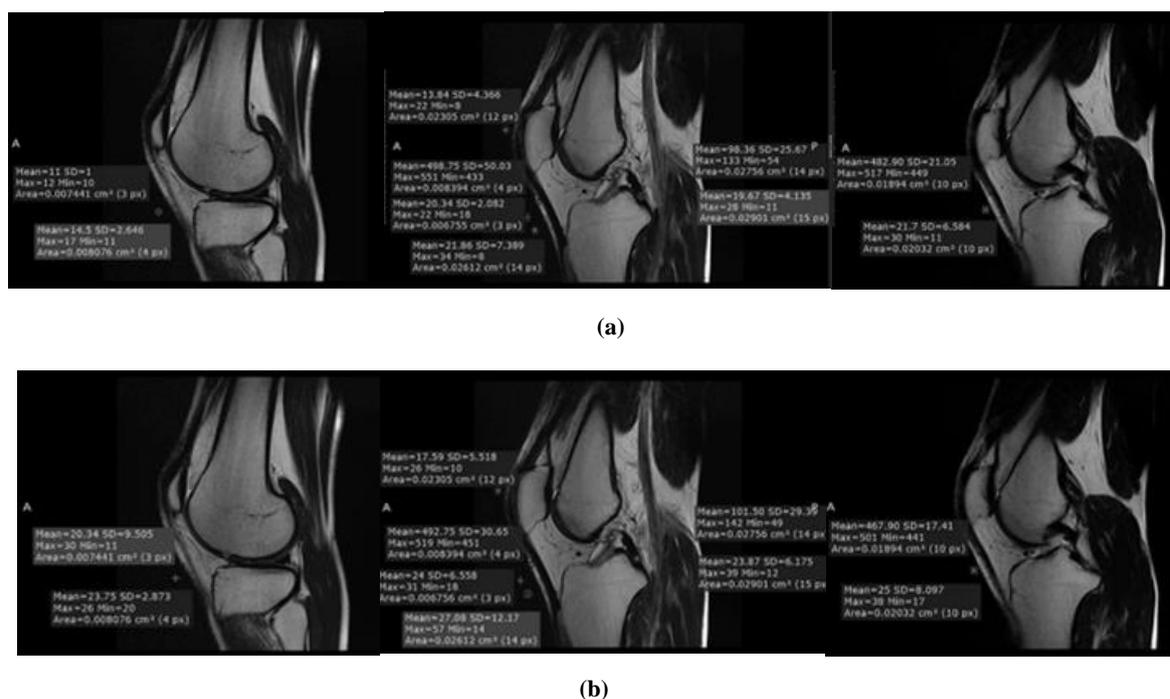
Tabel 2. Karakteristik Sampel Berdasarkan Usia pada MRI *Knee Joint* Pasien *Ligament Injury* dengan dan Tanpa MTC

Kategori Usia	Jumlah	Presentase
Dewasa (19-59 tahun)	9	90%
Lanjut Usia (>60 tahun)	1	10%
Total	10	100%

Berdasarkan tabel 2 diketahui bahwa sebagian besar kategori usia pasien dalam penelitian ini paling banyak pada kategori usia dewasa dengan rentang usia 19 tahun hingga 59 tahun dengan jumlah sebanyak 9 pasien (90%), sedangkan sisanya berada pada kategori usia lanjut usia dengan rentang usia di atas 60 tahun sebanyak 1 pasien (10%).

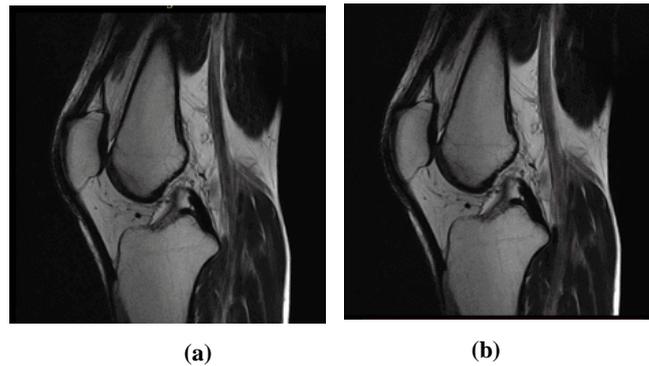
Hasil citra MRI *knee joint* klinis *ligament injury* sekuen T2WI Sagital dengan penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) dan tanpa penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC)

Pada 10 sampel pasien dengan klinis *ligament injury* dilakukan penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) dan tanpa penerapan *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) pada sekuen T2WI sagital sehingga masing-masing sampel didapatkan 2 citra sekuen T2WI sagital.



Gambar 1. Hasil Citra Sekuen T2WI Sagital pada Sampel 5 (a) dengan Penerapan MTC (b) Tanpa Penerapan MTC

Selanjutnya dilakukan pengukuran kualitas citra berupa *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) dengan cara memberikan *Region Of Interest* (ROI) menggunakan aplikasi radiant DICOM pada citra anatomi yang akan dinilai yang meliputi *Cartilage*, *Anterior Cruciate Ligament* (ACL), *Posterior Cruciate Ligament* (PCL), *Soft tissue*, *Synovial fluid*, serta *background (noise)*.



Gambar 2. Penempatan ROI pada Citra MRI *Knee Joint* Sekuen T2WI sagital (a) Penerapan MTC (b) Tanpa Penerapan MTC

Pada gambar 2 merupakan contoh hasil citra dan penempatan ROI pada salah satu sampel saja.

Hasil Pengukuran Nilai SNR dan CNR pada Citra

Pengukuran Nilai SNR

Sebelum dilakukan pengukuran CNR, hasil citra terlebih dahulu dilakukan pengukuran SNR agar dapat dihitung CNR citranya. Setelah hasil citra dilakukan ROI pada anatomi dan patologi yang akan diukur seperti pada gambar 2, maka selanjutnya akan dilanjutkan dengan mengukur nilai SNR. Nilai *mean signal* objek yang diukur dapat dilihat pada angka *mean* pada keterangan angka sesuai objek yang diukur, sedangkan untuk nilai *mean SD Noise* didapatkan dari nilai *SD Noise* pada titik ROI pada *background*.

Pengukuran Nilai CNR

Pengukuran nilai CNR dilakukan dengan cara menghitung selisih antara nilai SNR dari dua organ anatomi atau patologi yang saling berdekatan. Pada penelitian ini, organ anatomi dan patologi yang dimaksud yaitu selisih antara SNR *soft tissue* dengan ACL (ST-ACL), SNR *soft tissue* dengan PCL (ST-PCL), SNR *soft tissue* dengan *cartilage* (ST-CART), SNR *soft tissue* dengan *synovial fluid* (ST-SFL).

Setelah dilakukan pengukuran CNR pada 10 sample pasien MRI *Knee joint* klinis *ligament injury*, maka didapatkan nilai pengukuran CNR yaitu sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengukuran CNR pada MRI *Knee Joint* Pasien *Ligament Injury* dengan dan Tanpa MTC

Px	Metode Penerapan	Contrast to Noise Ratio			
		ST-ACL	ST-PCL	ST-CART	ST-SFL
1	MTC OFF	99,79	101,88	99,63	20,41
	MTC ON	191,97	194,95	193,82	34,26
2	MTC OFF	54,73	55,40	55,37	3,0171
	MTC ON	60,00	60,69	61,91	1,39
3	MTC OFF	110,51	112,23	113,99	10,66
	MTC ON	102,29	103,68	105,54	7,80
4	MTC OFF	73,49	74,91	71,18	4,273
	MTC ON	158,34	160,40	160,04	9,292
5	MTC OFF	55,55	66,57	67,07	3,528
	MTC ON	86,78	103,84	105,72	3,435
6	MTC OFF	66,95	69,52	70,01	1,484
	MTC ON	85,81	89,36	89,67	0,591

7	MTC OFF	126,80	127,13	125,38	9,311
	MTC ON	125,33	125,42	123,23	3,066
8	MTC OFF	129,67	138,43	142,43	1,635
	MTC ON	185,21	189,42	196	15,09
9	MTC OFF	111,56	119,37	120,01	8,785
	MTC ON	138,05	147,23	147,84	8,202
10	MTC OFF	75,67	81,45	79,35	10,21
	MTC ON	112,03	120,28	119,29	11,32

Keterangan:
PX : Pasien

ST : *Soft Tissue*

ACL : *Anterior Crussiate Ligament*

PCL : *Posterior Crussiate Ligament*

CART : *Cartilage*

SFL: *Synovial Fluid*

Data hasil pengukuran CNR MRI *Knee Joint* sekuen T2WI Sagital dengan penerapan MTC dan tanpa penerapan MTC pada pasien dengan klinis *ligament injury* berdasarkan tabel 3 kemudian diolah secara statistik menggunakan *software* SPSS 25. Pada tabel 4 dibawah ini menunjukkan deskripsi statistik data CNR MRI *knee joint* sekuen T2WI Sagital dengan penerapan MTC dan tanpa penerapan MTC pada pasien dengan klinis *ligament injury* yang akan dilakukan uji statistik.

Tabel 4. *Deskriptive Statistics* pada MRI *Knee Joint* Pasien *Ligament Injury* dengan dan Tanpa MTC

Metode penerapan	Jumlah Data	Total	Range	Min	Max	Mean	Std. Deviasi
MTC OFF	40		140,95	1,48	142,43	71,73	44,86
MTC ON	40		195,41	0,59	196,00	98,71	63,31

Tabel 4 menunjukkan deskripsi data CNR MRI *knee joint* sekuen T2WI Sagital dengan penerapan MTC dan tanpa penerapan MTC dimana memiliki jumlah total data sebesar 80 data pada kedua penerapan. Untuk MTC OFF menunjukkan nilai *minimum* atau nilai CNR paling rendah yaitu 1,48 dan nilai *maximum* atau nilai CNR paling tinggi yaitu 142,43 sehingga *range* atau rentang antara nilai *minimum* dan *maximum* yang diperoleh pada MTC OFF yaitu sebesar 140,95. Sedangkan untuk MTC ON menunjukkan nilai *minimum* atau nilai CNR paling rendah yaitu 0,59 dan nilai *maximum* atau nilai CNR paling tinggi yaitu 196,00 sehingga *range* atau rentang antara nilai *minimum* dan *maximum* CNR yang diperoleh pada MTC OFF yaitu sebesar 195,41. Nilai *mean* yang diperoleh pada MTC ON lebih besar nilainya yaitu 98,71 dibandingkan nilai *mean* pada penerapan MTC OFF yaitu 71,73. Hal ini menunjukkan bahwa yang dapat menghasilkan CNR yang lebih optimal pada pemeriksaan MRI *knee joint* sekuen T2WI Sagital yaitu pada MTC ON dibandingkan MTC OFF.

Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui jenis sebaran data berdistribusi normal atau tidak. Apabila berdistribusi normal dilanjutkan uji parametrik test sedangkan jika data berdistribusi tidak normal maka dilanjutkan dengan uji non-parametrik test.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas CNR pada MRI *Knee Joint* Pasien *Ligament Injury* dengan dan Tanpa MTC

CNR	<i>Kolmogorov-Smirnov</i> <i>p-value</i>
Tanpa Penerapan MTC	0,052
Dengan Penerapan MTC	0,078

Berdasarkan hasil uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov* (karena data yang diuji lebih dari 50 data) pada data CNR diperoleh nilai signifikansi (p-value) untuk penerapan MTC dan tanpa penerapan MTC $>0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa sebaran data CNR pada pemeriksaan MRI *knee joint* sekuen T2WI Sagital dengan penerapan MTC dan tanpa penerapan MTC berdistribusi normal, sehingga dilanjutkan dengan menggunakan uji statistik parametrik (*Paired T-Test*).

Hasil Uji Paired T-Test

Uji *Paired T-Test* digunakan untuk menguji hipotesis, dengan dasar pengambilan keputusan berdasarkan nilai Asymp. Sig (2-tailed). Jika nilai Asymp. Sig (2-tailed) $<$ dari 0,05 maka H^a diterima dan H^0 ditolak, namun sebaliknya apabila nilai Asymp. Sig (2-tailed) $>$ dari 0,05 maka H^0 diterima dan H^a ditolak.

Tabel 6. Hasil Uji Paired T-Test CNR pada MRI Knee Joint Pasien Ligament Injury dengan dan Tanpa MTC

Test	n	Statistika deskriptif	Paired T-Test		
		M (Std. D)	t	df	Sig. (2- tailed)
MTC OFF	40	71,73 (44,86)	-5,03	39	0,000
MTC ON	40	98,71 (63,31)			

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa nilai Asymp. Sig (p-value) bernilai 0,000. Karena nilai sig 0,000 $<$ 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa H^a diterima dan H^0 ditolak. Artinya terdapat perbedaan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) pada pemeriksaan MRI *knee joint* sekuen T2WI Sagital dengan penerapan MTC dan tanpa penerapan MTC.

PEMBAHASAN

CNR (*Contrast-to-Noise Ratio*) adalah perbedaan SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) antara dua area yang berdekatan. CNR sangat penting dalam menentukan kualitas gambar, karena berperan langsung dalam kemampuan mata untuk membedakan area dengan sinyal tinggi dari area dengan sinyal rendah (Westbrook & Talbot, 2019). Hasil Uji hipotesa menggunakan uji *Paired T-Test* pada nilai CNR didapatkan bahwa nilai Asymp. Sig (p-value) bernilai 0,000. Karena nilai sig 0,000 $<$ 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa H^a diterima dan H^0 ditolak. Artinya terdapat perbedaan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) pada pemeriksaan MRI *knee joint* sekuen T2WI Sagital dengan penerapan MTC dan tanpa penerapan MTC.

Metode *Magnetization Transfer Contrast* (MTC) didasarkan pada pertukaran magnetisasi dan relaksasi (*cross relaxation*) antara proton yang terikat pada makromolekul dan proton bebas. Proses pertukaran ini bergantung pada hubungan antara proton air dengan makromolekul. MTC (*Magnetization Transfer Contrast*) dapat meningkatkan kontras antara otot aktif dan tidak aktif. Selain itu, MTC lebih efektif dalam menekan sinyal lemak dan otot, sehingga edema otot lebih mudah terlihat. Dengan bergantung pada perbedaan transfer magnetisasi antara proton air dan makromolekul jaringan, MTC juga meningkatkan kontras antara cairan sendi dan tulang rawan yang terdiri dari kolagen dan proteoglikan, dengan menekan sinyal tulang rawan (Maulidah, Tasni'ahtul, Emi Murniati, n.d.).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh M. Vahlensieck dkk., (1994) dijelaskan bahwa MTC mampu mengukur kontras jaringan dengan lebih baik dibandingkan tidak menggunakan MTC pada pemeriksaan MRI *knee joint*. Nilai *mean* merupakan nilai rata-rata peringkat dari pengujian yang dilakukan pada data sample yang digunakan untuk melihat metode manakah yang dapat memberikan kualitas citra CNR yang optimal antara penerapan MTC dan tanpa penerapan MTC.

Pada nilai *mean* (tabel 6) menunjukkan nilai *mean* MTC OFF sebesar 71,73 dengan total 40 data yang dilakukan pengujian. Sedangkan nilai *mean* MTC ON 98,71 dengan total 40 data yang dilakukan pengujian, sehingga hasil tersebut menunjukkan bahwa CNR tanpa penerapan MTC lebih kecil dibandingkan dengan nilai CNR yang dilakukan penerapan MTC. Karena nilai *mean* pada MTC OFF yaitu 71,73 dan nilai *mean* pada MTC ON yaitu 98,71. Oleh karena itu penerapan MTC pada pemeriksaan MRI *knee joint* sekuen T2WI sagital dengan klinis *ligament injury* dinilai dapat menghasilkan CNR yang lebih optimal dibandingkan tanpa penerapan MTC berdasarkan hasil *mean*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Li, King C.P dkk., (1995) yang menyatakan MTC memiliki potensi untuk meningkatkan kontras dalam evaluasi gambaran MRI muskuloskeletal, terutama dalam membedakan jaringan normal seperti otot dan lemak dengan tumor, namun pengaruhnya dapat bervariasi tergantung pada jenis jaringan yang dievaluasi.

Selain memiliki keunggulan, penerapan MTC juga memiliki kekurangan yaitu waktu akuisisinya menjadi lebih lama dibandingkan waktu akuisisi tanpa penerapan MTC. Hal ini diakibatkan karena penelitian ini hanya memberikan penerapan MTC tanpa mengubah parameter lain yang berhubungan terkait dengan waktu akuisisi, serta hal lain yang mengakibatkan waktu akuisisi yang lebih lama untuk mencapai *steady-state magnetization* dalam MTC, diperlukan lebih banyak siklus pulsa RF, yang juga berkontribusi pada peningkatan durasi pemindaian. Proses ini diperlukan untuk mendapatkan gambar dengan kontras yang cukup antara jaringan seperti tulang rawan, cairan sinovial, otot, dan lemak. Pemindaian dengan MTC juga harus memastikan bahwa tidak ada pergerakan selama pemindaian yang bisa mengaburkan hasil, yang bisa memerlukan waktu tambahan untuk memastikan posisi pasien yang stabil dan optimal. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Byungjai Kim dkk., (2020) dijelaskan bahwa teknik MTC memungkinkan MRI untuk menghasilkan citra yang lebih baik dalam waktu yang lebih efisien, meskipun tetap membutuhkan waktu pemindaian yang lebih lama.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu : Terdapat perbedaan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) pada pemeriksaan MRI *knee joint* sekuen T2WI sagital dengan menggunakan penerapan MTC dan tanpa penerapan MTC. Metode yang dapat memberikan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) paling optimal pada pemeriksaan MRI *knee joint* sekuen T2WI sagital dengan kasus *ligament injury* yaitu dengan penerapan MTC.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapkan terimakasih ini penulis sampaikan kepada pembimbing penulis di kampus dan juga pembimbing di lapangan yang telah membantu, dan mengarahkan selama penelitian, serta kedua orang tua yang selalu memberi dukungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Iyer, K. M. (2013). Orthopedics of the upper and lower limb. In *Orthopedics of the Upper and Lower Limb*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4447-2>
- Li, K. C. P., Hopkins, K. L., Moore, S. G., Loh, N. N., Bergman, G., Pike, G. B., & Glover, G. H. (1995). *Magnetization transfer contrast MRI of musculoskeletal neoplasms*. *Skeletal Radiology: A Journal of Radiology, Pathology and Orthopedics*, 24(1), 21–25. <https://doi.org/10.1007/BF02425940>
- M. Houech, I.-V., & Peltekova, I. (2021). *Role of Magnetic Resonance Imaging in Detecting*

- Knee Injuries in Basketball Players. Trakia Journal of Sciences, 19(Suppl.1), 405–410.*
<https://doi.org/10.15547/tjs.2021.s.01.059>
- Kim, B., Cho, S. H., Yeon, K. M., & Lee, J. M. (2020). *Recent advances in MRI techniques for knee joint cartilage: A review. Journal of Magnetic Resonance Imaging, 52(4), 1013-1029.*
- Li, K. C. P., Hopkins, K. L., Moore, S. G., Loh, N. N., Bergman, G., Pike, G. B., & Glover, G. H. (1995). *Magnetization transfer contrast MRI of musculoskeletal neoplasms. Skeletal Radiology: A Journal of Radiology, Pathology and Orthopedics, 24(1), 21-25.*
<https://doi.org/10.1007/BF02425940>
- Maulidah, Tasni'ahtul, Emi Murniati, A. D. P. (n.d.). *The Role Of Magnetization Transfer Contrast (MTC) In Evaluating Cartilage In Knee Joint MRI Examination.pdf.*
- Mri, A., & Gbcas, S. (2023). Benefits and risks. *Canadian Mining Journal, 144(5), 16–18.*
- Rosyida, Fakhruddin Agil Syafa'at, E. (2020). *Upaya Pemulihan Pasien Pasca Rekonstruksi Anterior Cruciate Ligament (Acl) Dengan Latihan Beban Fakhruddin Agil Syafa ' at Elfia Rosyida. 08, 67–72.*
- Vahlensieck, M., Dombrowski, F., Leutner, C., Wagner, U., & Reiser, M. (1994). *Magnetization transfer contrast (MTC) and MTC-subtraction: enhancement of cartilage lesions and intracartilaginous degeneration in vitro. Skeletal Radiology, 23(7), 535-539.*
- Westbrook, C., Roth, K., & Talbot, J. (2011). *MRI in Practice Fourth Edition. United Kingdom: Wiley-Blackwell: UK.*
- Westbrook, C., & Talbot, J. (2019). *MRI in Practice Fifth Edition.*
- Wong, G.-L. L. and W.-T. (2015). 1.5 *What Is Magnetic Resonance Imaging (MRI)? The Chemistry of Molecular Imaging, 11–14.*