

ANALISIS KARAKTERISTIK NILAI *APPARENT DIFFUSION COEFFICIENT* (ADC) PADA AXIAL DWI MRI *KNEE JOINT* DI RUMAH SAKIT BALIMED DENPASAR

Putri Ruvinaningsih^{1*}, I Made Lana Prasetya², I Wayan Arie Sugiantara³

^{1,2}AKTEK Radiodiagnostik dan Radioterapi Bali

³RSUD Sanjiwani Gianyar

^{*}Email korespondensi: putry.ruvina@gamil.com

Abstract: Analysis of Apparent Diffusion Coefficient (ADC) Characteristics in Axial DWI MRI of Knee Joints at Balimed Hospital Denpasar. Background: Assessment of various musculoskeletal conditions by applying Diffusion weighted imaging (DWI) in its application DWI has an important parameter that can be used in helping determine pathology and diagnosis of neoplasm measurement, namely ADC value. High ADC measurements indicate increased extracellular water movement, as well as loss of cell membrane integrity, while low ADC values indicate decreased extracellular water or high cellularity, so ADC is strongly associated with the degree of malignancy. Method: This study is descriptive quantitative research with a survey approach to evaluate the characteristics of ADC values in axial DWI MRI Knee Joint. ADC data can be entered into a Microsoft Excel worksheet and processed using the excel program, then data analysis was carried out descriptively to be able to display the distribution and characteristics of ADC values on axial slices. Results: The results of the 12 samples collected in this study can be categorized into several pathology groups, namely the Trauma or Injury pathology group (including pathology in the form of cartilage, ligaments, and bone trauma), lesion pathology (cysts and lymphoma), and the Oedema pathology. From the 3 groups of pathology categories there is a variable increase in ADC values. Conclusion: The use of DWI and ADC values in knee joint MRI examination can help in identifying and distinguishing different types of pathology, thus allowing for more precise and accurate treatment. In the three groups found, the characteristics of the three groups showed increased ADC values in both non-infectious trauma pathologies, lesions, and oedema. The increase in ADC values in the three groups was due to an increase in the rate of diffusion in tissues that experienced abnormalities (non-infectious trauma and lesions) and fluid accumulation in both extracellular and joint spaces.

Keywords: Apparent Diffusion Coefficient value, Diffusion Weighted Imaging, Magnetic Resonance Imaging Knee Joint

Abstrak: Analisis Karakteristik Nilai *Apparent Diffusion Coefficient* (ADC) Pada Axial DWI MRI *Knee Joint* Di Rumah Sakit Balimed Denpasar. Latar Belakang: Penilaian berbagai kondisi muskuloskeletal dengan menerapkan *Diffusion Weighted Imaging* (DWI) dalam penerapannya DWI memiliki parameter penting yang dapat digunakan dalam membantu menentukan patologi dan diagnosis pengukuran neoplasma yaitu ADC value. Pengukuran ADC yang tinggi menunjukkan peningkatan gerakan air ekstraseluler, serta hilangnya integritas membran sel, sedangkan nilai ADC yang rendah menunjukkan penurunan air ekstraseluler atau selularitas tinggi, sehingga ADC ini sangat berkaitan dengan derajat keganasan. Metode: Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan survey untuk mengevaluasi karakteristik nilai ADC pada axial DWI pemeriksaan MRI *Knee Joint*. Data ADC yang di dapat dimasukkan ke dalam worksheet *Microsoft Excel* dan diolah dengan menggunakan program *Microsoft Excel*, selanjutnya analisa data dilakukan secara deskriptif untuk dapat

menampilkan sebaran serta karakteristik nilai ADC pada potongan axial yang telah dikumpulkan. Hasil: Hasil dari 12 sampel yang terkumpul pada penelitian ini, dapat dikategorikan menjadi beberapa kelompok patologi, yaitu kelompok patologi Trauma atau *Injury* termasuk didalamnya berupa patologi pada kartilago, ligamen, maupun Trauma pada tulang, Patologi Lesi yaitu *Kista/Cyst* dan *Lymphoma*, serta kelompok patologi Oedema. Dari 3 kelompok kategori patologi tersebut terdapat peningkatan nilai ADC yang bervariasi. Kesimpulan: Penggunaan DWI dan nilai ADC dalam pemeriksaan MRI *knee joint* dapat membantu dalam mengidentifikasi dan membedakan berbagai jenis patologi, sehingga memungkinkan penanganan yang lebih tepat dan akurat. Dalam tiga kelompok yang ditemukan, karakteristik ketiga kelompok menunjukkan peningkatan nilai ADC baik pada patologi Trauma non infeksi, lesi, serta oedema. Peningkatan nilai ADC pada Ketiga kelompok tersebut diakibatkan peningkatan tingkat difusi pada jaringan yang mengalami kelainan (trauma non infeksi dan lesi) serta akumulasi cairan baik pada ruang ekstraseluler maupun ruang sendi.

Kata Kunci: *Apparent Diffusion Coefficient value, Diffusion Weighted Imaging, Magnetic Resonance Imaging of Knee Joint*

PENDAHULUAN

Patologi pada muskuloskeletal khususnya *Knee Joint* umumnya banyak ditemui dalam praktik medis, patologi tersebut dapat terjadi akibat cedera, lesi/tumor, infeksi pada jaringan lunak, otot, tulang rawan dan sendi, ataupun proses degeneratif. *Knee Joint* terdiri dari beberapa otot dan ligamen yang berbeda dengan tingkat kompleksitas yang tinggi (1). Patologi *Knee Joint* yang disebabkan oleh cedera seperti meniscus tears 48,7% diderita laki-laki dan 60.1% perempuan dengan jenis robekan horizontal (23%), kompleks (3%), vertikal (2%), radial (2%) dan bentuk *handle bucket* (1%), 3 % *rupture ligament* ditemukan pada ACL (Horga et al., 2020).

Patologi lain muncul dalam bentuk lesi tulang rawan dalam kategori sedang dan berat dengan prevalensi masing-masing 19% dan 31%, sedangkan infeksi pada *Knee Joint* dan proses degeneratif yang sering ditemukan adalah OA (osteoarthritis), dimana 16.0% terjadi pada usia 15 tahun dan 22,9% terjadi pada usia 40 tahun ke atas (Cui et al., 2020). Dengan beragamnya kemungkinan patologi yang terjadi, evaluasi patologi pada *Knee Joint* seringkali membutuhkan lebih dari satu modalitas pencitraan, termasuk radiografi, scintigrafi tulang, CT, MRI dan PET Scan (Larbi et al., 2016).

Magnetic Resonance Imaging (MRI) memainkan peran utama dalam penilaian dan karakterisasi patologi akibat cedera, lesi/tumor, infeksi maupun proses degeneratif pada *Knee Joint*, MRI memungkinkan visualisasi *bone marrow* dan jaringan lunak yang akurat dengan spasial resolusi yang tinggi untuk menampilkan kelainan patologi pada *Knee Joint* (Caroli, 2022). Penerapan berbagai metode dalam menganalisa patologi *Knee Joint* telah dikembangkan baik menerapkan *Water Excitation* untuk menganalisa Kartilago (I Putu Eka, 2022), evaluasi pada ligament, sampai dengan penerapan 3D Isotropic untuk dapat meningkatkan akurasi diagnosa terkait (Herlina et al., 2022). Peluang terkini yang mulai diterapkan adalah penilaian berbagai kondisi muskuloskeletal dengan menerapkan *Diffusion Weighted Imaging* (Baliyan et al., 2016).

Diffusion Weighted Imaging (DWI) adalah metode non invasif yang digunakan untuk mengukur gerak acak dan kontras gambar ditentukan oleh gerakan mikroskopis dari proton molekul air (Kızılgöz, 2013). DWI menjadi bagian penting MRI dalam menegakkan diagnosa, pada umumnya digunakan pada pemeriksaan MRI brain rutin pada kasus iskemia akut dan beberapa penyakit lain seperti multiple sclerosis, disleksia, skizofrenia atau trauma. Beberapa laporan menyatakan

bahwa penerapan DWI dapat dilakukan pada daerah muskuloskeletal. Dalam penerapannya DWI memiliki parameter penting yang dapat digunakan dalam membantu menentukan patologi dan diagnosis pengukuran neoplasma yaitu ADC *value*.

Apparent Diffusion Coefficient (ADC) merupakan parameter kuantitatif dari DWI yang menjelaskan pergerakan molekul air dari berbagai jaringan yang bervariasi (Linh et al., 2019). Pengukuran ADC yang tinggi menunjukkan peningkatan gerakan air ekstraseluler, serta hilangnya integritas membran sel, sedangkan nilai ADC yang rendah menunjukkan penurunan air ekstraseluler atau selularitas tinggi, sehingga ADC ini sangat berkaitan dengan derajat keganasan (Baliyan et al., 2016).

Penelitian sebelumnya pernah dilakukan penelitian terkait evaluasi nilai ADC *value* pada pemeriksaan MRI Muskuloskeletal secara umum dimana menampilkan perbedaan nilai ADC *value* pada jenis patologi yang berbeda. Contohnya pada kasus bone sclerosis yang menunjukkan penurunan ADC *value*, sedangkan pada kasus osteolytic metastases menunjukkan ADC *value* yang tinggi (Afaq et al., 2010). Penelitian peran DWI dan ADC *value* pada MRI *ankle joint* juga telah dilakukan pada beberapa kasus, dimana untuk dengan kasus Infectious tenosynovitis menunjukkan ADC *value* yang rendah, untuk *cartilage injury* terutama *early stage* menunjukkan ADC *value* yang lebih tinggi dari *cartilage* normal, dan pada ruptur tendon menunjukkan ADC *value* yang meningkat (Nada, 2019).

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian jenis kuantitatif deskriptif dengan pendekatan survey untuk mengevaluasi karakteristik nilai ADC pada axial DWI pemeriksaan MRI *Knee Joint*. Desain penelitian ini menerapkan cross sectional study pada *one group - posttest only*, dimana karakteristik nilai ADC dapat diperoleh hanya dengan melakukan penambahan sekuen DWI

pada pasien yang melakukan MRI *Knee Joint*. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pemeriksaan MRI *Knee Joint* di instalasi radiologi Rumah Sakit Balimed Denpasar, dengan sampel sejumlah 12 pasien yang melakukan pemeriksaan MRI *Knee Joint* dengan rentang umur 26 tahun sampai 58 tahun dengan rata-rata 40 tahun. Waktu penelitian ini akan dilakukan dari bulan April sampai bulan Juni tahun 2023 di instalasi radiologi Rumah Sakit Balimed Denpasar. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data khusus dimana data akan berupa nilai ADC. Data tersebut diperoleh dengan cara penulis mengamati sekuen DWI potongan axial yang disisipkan pada protokol rutin MRI *Knee Joint*, serta mengerjakan secara langsung teknik pengambilan data yang dilakukan pada citra ADC Mapping potongan axial *Knee Joint* dengan membuat dan menempatkan ROI yang telah di konsulkan terlebih dahulu ke dokter spesialis radiologi dan di damping oleh radiografer yang berkompeten dalam MRI. ROI yang di buat memiliki ukuran yang sama pada 3 titik berbeda namun pada patologi yang sama untuk didapatkan karakteristik nilai rata-rata ADC yang ditampilkan pada masing-masing patologi. Analisa data dilakukan secara deskriptif untuk dapat menampilkan sebaran serta karakteristik nilai ADC pada potongan axial yang telah dikumpulkan. Sebaran tersebut diperoleh dengan melakukan perhitungan pada *Microsoft excel* pada indikator nilai minimum, maksimum, rerata, serta simpangan baku dari nilai ADC yang telah terkumpul, untuk dapat dibahas serta ditarik kesimpulan.

HASIL

Modalitas MRI yang terdapat di Rumah Sakit Balimed Denpasar berupa MRI U-MR 1,5 Tesla, menjadikan MRI *Knee Joint* merupakan pemeriksaan penunjang yang banyak dilakukan terutama pada kasus cedera baik itu ACL atau PCL *rupture* atau *meniscus tears*, infeksi, lesi/ tumor maupun proses *degenerative* seperti Osteoarthritis. Sekuen DWI disisipkan

pada pemeriksaan *Knee Joint* pada kasus tertentu seperti curiga lesi/massa. Berikut adalah sebaran sampel yang digunakan pada penelitian terkait.

Tabel 1. Data sampel penelitian

No	Jenis Sampel	Umur Pasien	Jenis Kelamin	Diagnosa
1.	Sampel 1	35 tahun	Laki-laki	<i>Complete Tear ACL</i>
2.	Sampel 2	26 tahun	Laki-laki	<i>Baker Cyst</i>
3.	Sampel 3	50 tahun	Perempuan	<i>Subcutan Lymphoma</i>
4.	Sampel 4	58 tahun	Laki-laki	<i>Fraktur Complete Distal Tibia</i>
5.	Sampel 5	31 tahun	Perempuan	<i>Ganglion Cyst</i>
6.	Sampel 6	38 tahun	Laki-laki	<i>Cyst Lession Subcutan</i>
7.	Sampel 7	26 tahun	Perempuan	<i>Posterior Horn Lateral Meniscus Tear</i>
8.	Sampel 8	57 tahun	Laki-laki	<i>Synovial Cyst</i>
9.	Sampel 9	57 tahun	Laki-laki	<i>Subcutan Edema</i>
10.	Sampel 10	44 tahun	Perempuan	<i>Bone Marrow Edema</i>
11.	Sampel 11	26 tahun	Perempuan	<i>Fluid Collection Lateral Distal Femur (Oedema)</i>
12.	Sampel 12	40 tahun	Laki-laki	<i>ACL Reconstruction</i>

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat sebaran pasien dari total 12 pasien data yang diperoleh terdiri dari 7 data pasien laki-laki dan 5 data pasien perempuan dengan rentang umur 26 tahun sampai 58 tahun dengan rata-rata 40 tahun.

Tabel 2. Sebaran nilai ADC pada potongan axial DWI MRI *Knee Joint*

No	Jenis Sampel	Patologi	Kategori Patologi	Mean (10^{-6})	Stdv (10^{-6})
1	Sampel 1	<i>Complete Tear ACL</i>	Trauma Non Infeksi	1786.2	126.8
2	Sampel 2	<i>Baker Cyst</i>	Lesi	2863.9	24.9
3	Sampel 3	<i>Subcutan Lymphoma</i>	Lesi	1716.8	13.1
4	Sampel 4	<i>Fraktur Complete proximal tibia</i>	Trauma Non Infeksi	1592.7	84.6
5	Sampel 5	<i>Ganglion Cyst</i>	Lesi	2273.0	36.0
6	Sampel 6	<i>Cyst Lession Subcutan</i>	Lesi	1095.0	18.0
7	Sampel 7	<i>Posterior Horn Lateral Meniscus Tear</i>	Trauma Non Infeksi	1156.9	50.3
8	Sampel 8	<i>Synovial Cyst</i>	Lesi	1803.2	40.3
9	Sampel 9	<i>Subcutan Oedema</i>	Oedema	2313.3	34.1
10	Sampel 10	<i>Bone Marrow Oedema</i>	Oedema	1033.5	13.5
11	Sampel 11	<i>Fluid Collection Lateral Distal Femur</i>	Oedema	3108.0	35.9
12	Sampel 12	<i>ACL Reconstruction</i>	Trauma Non Infeksi	2437.7	63.7

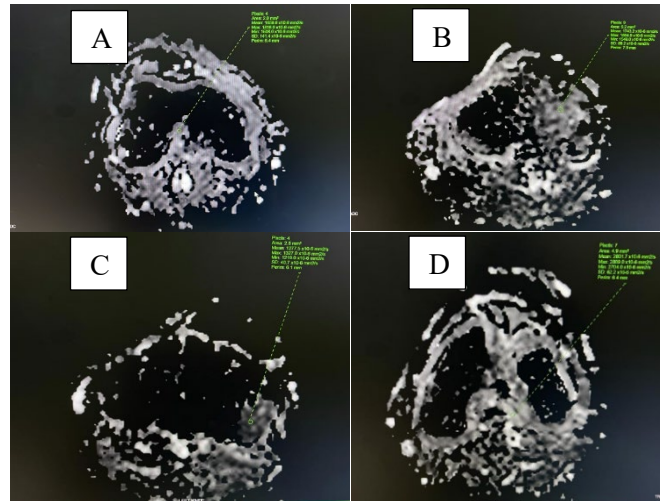
Pada 12 Sampel yang terkumpul pada penelitian ini, dapat dikategorikan menjadi beberapa kelompok patologi, yaitu kelompok patologi Trauma atau Injury termasuk didalamnya berupa patologi pada kartilago, ligamen, maupun Trauma pada tulang, Patologi Lesi yaitu Kista/Cyst dan Lymphoma, serta kelompok patologi Oedema.

a. Kelompok Patologi Trauma non infeksi (*Non-Infection Injury*)

Dalam tabel 2 dapat dilihat kelompok patologi Trauma pada beberapa sampel yang terkumpul. Dimana Nilai ADC pada potongan axial DWI pada sampel 1 dengan diagnosa *Complete Tear ACL* menunjukkan adanya

robekan pada *ACL* dan terjadinya peningkatan nilai *ADC* yaitu $1786.2 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$. Sampel 4 dengan patologi *Fraktur* menunjukkan nilai *ADC* sebesar $1592.7 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$. Sampel 7 dengan diagnosa *Posterior Horn Lateral*

Meniscus Tear menunjukkan peningkatan nilai *ADC* yaitu $1156.9 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$, sampel 12 dengan diagnosa *ACL Reconstruction* menunjukkan nilai *ADC* sebesar $2437.7 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$.

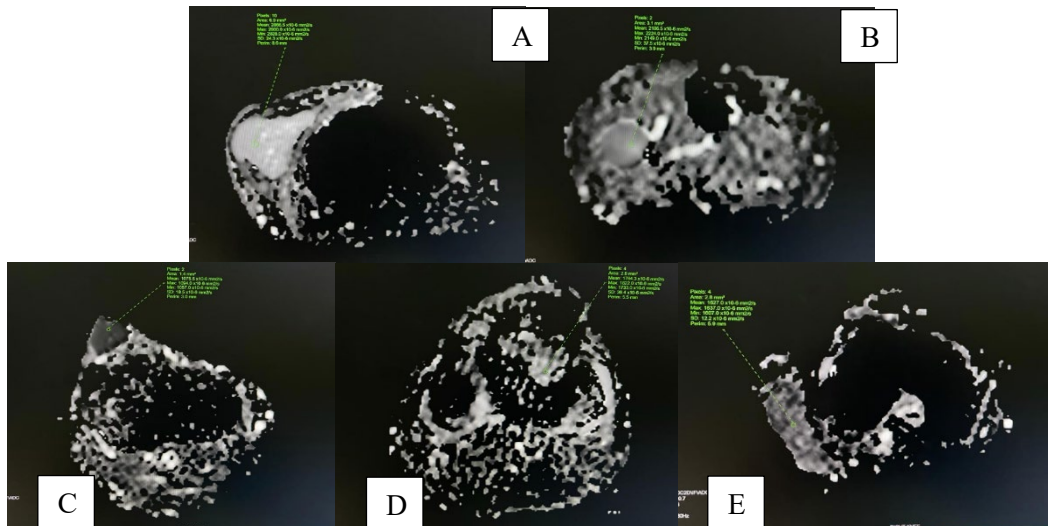


Gambar 1. Citra DWI (ADC Mapping) MRI Knee Joint pada Kelompok Patologi Trauma/Injury. (A) Complete Tear ACL, (B) Fraktur Complete proximal tibia (C) Posterior Horn Lateral Meniscus Tear, (D) ACL Reconstruction.

b. Kelompok Patologi Lesi

Pada kelompok patologi Lesi dapat dilihat pada sampel 2, sampel 5,

sampel 6, sampel 8 dimana patologi yang ditunjukkan berupa Kista/cyst.

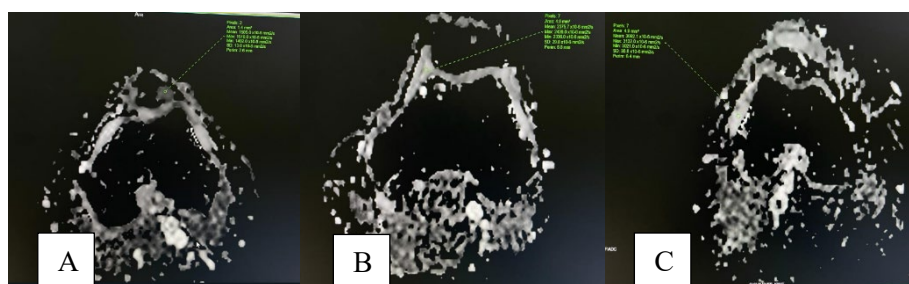


Gambar 2. Citra DWI (ADC Mapping) MRI Knee Joint pada Kelompok Patologi Lesi. (A) Baker Cyst, (B) Ganglion Cyst, (C) Cyst Lesion Subcutan, (D) Synovial Cyst, (E) Subcutan Lymphoma

Pada 5 sampel yang dikategorikan dalam patologi lesi, terdapat diantaranya *baker cyst* pada sampel 2 menunjukkan nilai ADC sebesar $2863.9 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$, sampel 5 dengan diagnosa *ganglion cyst* menunjukkan terjadinya peningkatan nilai ADC sebesar $2273.0 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$, sampel 6 dengan *Cyst Lesion Subcutaneous* menunjukkan nilai ADC sebesar $1095.0 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$, sampel 8 dengan diagnosa *Synovial Cyst* dimana menunjukkan nilai ADC sebesar $1803.2 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$. Untuk jenis lesi Lipoma, pada penelitian ini ditunjukkan pada sampel 3 dengan temuan *subcutaneous lymphoma* yang menampilkan nilai ADC sebesar $1716.8 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$.

c. Kelompok Patologi Oedema

Oedema yang terjadi pada persendian yang dapat diakibatkan proses infeksi atau proses trauma. Dalam penelitian ini (merujuk pada tabel 3) dapat dilihat sampel 9 dengan diagnosa *Subkutan Oedema* menunjukkan nilai ADC sebesar $2313.3 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$. Oedema akibat trauma seperti *Bone Marrow Oedema* ditunjukkan pada Sampel 10 dengan nilai ADC yang terukur sebesar $1033.5 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$ dan sampel 11 dengan patologi *Fluid Collection Lateral Distal Femur* yang menunjukkan nilai ADC sebesar $3108.0 \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$ pada Distal Femur.



Gambar 3. Citra DWI (ADC Mapping) MRI Knee Joint pada Kelompok Patologi Oedema. (A) Subkutan Oedema, (B) Bone Marrow Oedema, (C) Fluid Collection Lateral Distal Femur

PEMBAHASAN

1. Karakteristik ADC pada Trauma

Pada penelitian yang dilakukan oleh Kumar dkk (Kumar et al., 2017) disebutkan bahwa pada *ligament injury*, ruptur tendon ataupun tear memiliki peningkatan nilai ADC dibanding dengan nilai ADC jaringan normal, dimana nilai ADC struktur dari cartilage berkisar yaitu $1.0-1.1 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$. Perbedaan nilai Apparent Diffusion Coefficient (ADC) pada cedera infeksi dan non-infeksi dapat memberikan informasi tambahan yang penting dalam diagnosis dan manajemen pasien. Infeksi pada cedera persendian seringkali menyebabkan peradangan akut dengan akumulasi sel-sel inflamasi dan eksudat. Hal ini menyebabkan peningkatan hambatan difusi air dalam jaringan yang terkena, sehingga nilai ADC pada daerah infeksi cenderung menurun.

Pada DWI, daerah dengan nilai ADC yang rendah akan tampak lebih gelap pada gambaran yang diperoleh. Pada cedera infeksi, daerah yang terkena sering menunjukkan pola heterogenitas dalam nilai ADC. Ini disebabkan oleh variasi dalam tingkat inflamasi dan keparahan kerusakan jaringan di dalam daerah infeksi. Sebagai akibatnya, beberapa bagian dari daerah infeksi dapat menunjukkan nilai ADC yang lebih tinggi, sementara bagian lainnya dapat menunjukkan nilai ADC yang lebih rendah.

Cedera non-infeksi, seperti cedera traumatis atau degeneratif, cenderung tidak menyebabkan inflamasi dan peradangan sebesar infeksi. Oleh karena itu, nilai ADC pada cedera non-infeksi lebih cenderung normal atau bahkan sedikit lebih tinggi daripada nilai ADC pada cedera infeksi. Daerah cedera

non-infeksi akan tampak lebih terang pada DWI. Pada cedera ligamen atau edema pada bone marrow, nilai ADC yang rendah dapat mengindikasikan infeksi atau peradangan akut, sementara nilai ADC yang lebih tinggi cenderung terkait dengan cedera non-infeksi seperti cedera traumatis atau degeneratif.

2. Karakteristik ADC Pada Lesi

Nilai Apparent Diffusion Coefficient (ADC) dalam Diffusion-Weighted Imaging (DWI) dapat memberikan informasi yang berharga dalam membedakan berbagai jenis lesi pada persendian, termasuk kista, tumor, dan lesi Baker. Berikut adalah gambaran nilai ADC yang umum terlihat pada setiap jenis lesi:

a. Lesi Kista:

Kista seringkali menunjukkan nilai ADC yang tinggi. Hal ini karena kista merupakan rongga berisi cairan, yang memungkinkan air untuk berdifusi bebas di dalamnya. Pada gambar DWI, kista akan tampak terang karena tingginya nilai ADC, menandakan pergerakan air yang bebas dalam cairan kista.

b. Tumor:

Tumor pada persendian dapat beragam, termasuk tumor jinak dan ganas. Karakteristik nilai ADC pada tumor bervariasi tergantung pada jenis dan kepadatan sel dalam tumor tersebut. Tumor ganas seringkali menunjukkan nilai ADC yang rendah atau menengah karena tingginya kepadatan sel dan hambatan difusi air di dalam jaringan tumor. Sebaliknya, tumor jinak yang memiliki struktur lebih terorganisir dapat menunjukkan nilai ADC yang lebih tinggi daripada tumor ganas, tetapi cenderung lebih rendah daripada nilai ADC pada kista.

c. Lesi Baker:

Lesi Baker merupakan istilah yang digunakan untuk menyebut kista poplitea, yaitu kista yang berkembang di belakang lutut. Lesi Baker seringkali mengandung cairan sinovial yang berasal dari persendian lutut. Sebagai hasilnya, nilai ADC pada lesi Baker akan bervariasi tergantung pada kandungan

cairannya. Jika lesi Baker mengandung cairan sinovial murni, maka nilai ADC akan tinggi, mirip dengan lesi kista. Namun, jika lesi Baker memiliki campuran cairan sinovial dan bahan yang lebih padat, seperti debris atau membran, maka nilai ADC dapat menurun. Untuk patologi jenis lymphoma seperti pada sampel 3 yang mengalami peningkatan nilai ADC merupakan hal yang jarang ditemukan.

Peningkatan nilai Apparent Diffusion Coefficient (ADC) pada limfoma dapat dikatakan jarang terjadi, terutama pada limfoma dengan kepadatan sel yang tinggi. Sebagian besar limfoma, terutama limfoma non-Hodgkin, menunjukkan nilai ADC yang rendah atau menengah karena tingginya kepadatan sel limfosit dan hambatan difusi air dalam lesi. Namun, pada beberapa kasus limfoma, terutama limfoma dengan komponen seluler yang lebih sedikit, bisa saja terjadi peningkatan nilai ADC. Peningkatan nilai ADC pada limfoma bisa menjadi tanda adanya nekrosis dan degenerasi dalam lesi. Hal ini dapat terlihat pada DWI sebagai daerah yang lebih terang atau memiliki nilai ADC yang lebih tinggi di tengah lesi.

3. Karakteristik ADC Pada Oedema

Dalam situasi di mana kontras tidak dapat diberikan secara intravena, diferensiasi selulitis dari edema subkutan bisa sangat sulit, sehingga DWI dapat membantu dalam menunjukkan beberapa pembatasan difusi pada selulitis dimana nilai ADC untuk selulitis $1.2-2.0 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ sementara oedema subkutan sederhana menunjukkan peningkatan nilai difusi $2.0-3.0 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$. DWI dapat juga mendeteksi abses pada gundukan edema seperti sinyal yang diketahui memiliki nilai ADC sebesar $0.6-1.2 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$. Karakteristik nilai Apparent Diffusion Coefficient (ADC) pada edema dapat bervariasi tergantung pada jenis edema, tingkat keparahan, dan sumbernya. Umumnya, edema mengacu pada pembengkakan atau penumpukan cairan ekstraseluler dalam jaringan tubuh. Merujuk pada Hasil penelitian

yang telah dikumpulkan, terdapat 3 jenis oedema yang dapat dievaluasi, yaitu *Oedema Subcutan*, *Bone Marrow Oedema*, dan *Oedema pada Persendian (fluid Collection)*.

Subkutan edema adalah kondisi ketika cairan ekstraseluler terkumpul di dalam ruang subkutan di bawah kulit. Umumnya, subkutan edema cenderung menunjukkan peningkatan nilai ADC pada gambaran Diffusion-Weighted Imaging (DWI). Hal ini terjadi karena cairan yang terkumpul di dalam ruang subkutan mengurangi kepadatan sel dan matriks ekstraseluler, sehingga hambatan difusi air menjadi lebih rendah. Akibatnya, nilai ADC pada daerah yang mengalami subkutan edema akan menjadi lebih tinggi daripada nilai ADC pada jaringan normal di sekitarnya. Meskipun demikian, perlu diingat bahwa nilai ADC pada subkutan edema dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk lamanya edema, komposisi cairan yang terkumpul, dan karakteristik individu pasien.

Bone marrow edema merupakan kondisi yang terjadi ketika cairan atau edema terakumulasi di dalam sumsum tulang, dan dapat terlihat dalam gambaran MRI. Pada umumnya, bone marrow edema biasanya menunjukkan peningkatan nilai ADC. Hal ini terjadi karena edema mengakibatkan peningkatan ruang antara sel-sel tulang dan mengurangi hambatan difusi air dalam jaringan. Akibatnya, nilai ADC pada daerah yang mengalami edema akan menjadi lebih tinggi daripada nilai ADC pada jaringan tulang yang sehat. Edema dalam ruang sendi (*Fluid Collection*) biasanya terjadi akibat peradangan dan akumulasi cairan di dalam kapsul sendi atau jaringan periartikular. Umumnya, edema dalam ruang sendi cenderung menunjukkan peningkatan nilai ADC pada gambaran Diffusion-Weighted Imaging (DWI). Hal ini serupa dengan edema di tempat lain pada tubuh, karena cairan yang terkumpul di dalam ruang sendi mengurangi kepadatan sel dan matriks ekstraseluler, sehingga hambatan difusi air menjadi lebih rendah. Akibatnya, nilai ADC pada daerah yang mengalami

edema dalam ruang sendi akan menjadi lebih tinggi daripada nilai ADC pada jaringan normal di sekitarnya.

KESIMPULAN

Penggunaan DWI dan nilai ADC dalam pemeriksaan MRI *Knee Joint* dapat membantu dalam mengidentifikasi dan membedakan berbagai jenis patologi, sehingga memungkinkan penanganan yang lebih tepat dan akurat. Dalam tiga kelompok yang ditemukan pada RS Balimed Denpasar, karakteristik ketiga kelompok menunjukkan peningkatan nilai ADC baik pada patologi Trauma non infeksi, lesi, serta oedema. Peningkatan nilai ADC pada Ketiga kelompok tersebut diakibatkan peningkatan tingkat difusi pada jaringan yang mengalami kelainan (trauma non infeksi dan lesi) serta akumulasi cairan baik pada ruang ekstraseluler maupun ruang sendi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afaq, A., Andreou, A., Koh, D. M., Hospital, R. M., Road, D., Hospital, R. M., & Road, D. (2010). *Diffusion-weighted magnetic resonance imaging for tumour response assessment: why, when and how?* 179-188. <https://doi.org/10.1102/1470-7330.2010.9032>
- Baliyan, V., Das, C. J., Sharma, R., & Gupta, A. K. (2016). Diffusion weighted imaging: Technique and applications. *World Journal of Radiology*, 8(9), 785. <https://doi.org/10.4329/wjr.v8.i9.785>
- Caroli, A. (2022). *Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging: Clinical Potential and Applications*.
- Cui, A., Li, H., Wang, D., Zhong, J., Chen, Y., & Lu, H. (2020). Global, regional prevalence, incidence and risk factors of knee osteoarthritis in population-based studies. *EClinicalMedicine*, 29-30, 100587. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100587>
- Herlina, W., Putu, I., & Juliantara, E. (2022). Optimalisasi Citra Mri Wrist Joint Dengan Penerapan 3D

- Isotropik Pada Pembobotan Proton Density Di Instalasi Radiologi Rsup Dr. M. Djamil Padang. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(12).
- Horga, L. M., Hirschmann, A. C., Henckel, J., Fotiadou, A., Di Laura, A., Torlasco, C., D'Silva, A., Sharma, S., Moon, J. C., & Hart, A. J. (2020). Prevalence of abnormal findings in 230 knees of asymptomatic adults using 3.0 T MRI. *Skeletal Radiology*, 49(7), 1099–1107.
<https://doi.org/10.1007/s00256-020-03394-z>
- I Putu Eka, J. (2022). Peran 3d-Swe Pada Mri: Studi Komparasi Sekuen Alternatif Dalam Morphologic Assessment Kartilago Sendi Lutut. *Jurnal Medika Malahayat*, 6(3), 365–372.
- Kızılgöz, V. (2013). The Efficacy of Diffusion Weighted Imaging and Apparent Diffusion Coefficient Mapping for Meniscal Tears in the Knee. *Science Journal of Clinical Medicine*, 2(6), 171.
<https://doi.org/10.11648/j.sjcm.20130206.15>
- Kumar, Y., Khaleel, M., Boothe, E., Awdeh, H., Wadhwa, V., & Chhabra, A. (2017). Role of Diffusion Weighted Imaging in Musculoskeletal Infections: Current Perspectives. *European Radiology*, 27(1), 414–423.
<https://doi.org/10.1007/s00330-016-4372-9>
- Larbi, A., Viala, P., Cyteval, C., Snene, F., Greffier, J., Faruch, M., & Beregi, J. P. (2016). Imaging of tumors and tumor-like lesions of the knee. *Diagnostic and Interventional Imaging*, 97(7–8), 767–777.
<https://doi.org/10.1016/j.diii.2016.06.004>
- Linh, L. T., Cuongq, N. N., Hung, T. V., Hieu, N. Van, Lenh, B. Van, Hue, N. D., Pham, V. H., Nga, V. T., & Chu, D. T. (2019). Value of diffusion weighted MRI with quantitative ADC map in diagnosis of malignant thyroid disease. *Diagnostics*, 9(4), 1–8.
<https://doi.org/10.3390/diagnostics9040129>
- Nada, A. (2019). Diffusion-weighted MRI value in detection and differentiation of bone tumors and tumor-like lesions. *Erciyes Medical Journal*, 41(2), 141–147.
<https://doi.org/10.14744/etd.2019.68878>