

# Quantitative Measurement of The Knee Joint Cartilage Signal Intensity (SI) When T2map Sequence Applied to Define a Biomarker for Early Detection of Osteoarthritis (OA) Based on Bmi Groups

## Pengukuran Kuantitatif Intensitas Signal Sequence T2map MRI Kartilago Genu sebagai Biomarker Deteksi Dini Osteoarthritis (OA) berdasarkan IMT

Sugiyanto  
Gatot Murti Wibowo  
Heru Trisikwanto

*Jurusan Teknik Radiodiagnostik Dan Radioterapi,  
Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang  
Jl. Tirta Agung, Pedalangan, Banyumanik, Semarang  
E-mail: [gieksugiyanto@yahoo.com](mailto:gieksugiyanto@yahoo.com)*

### Abstract

This quantitative study was an experimental design. A total of 18 healthy male and female volunteers, with different BMI involved in the study by consecutive random sampling. An expert Radiologist evaluated all the 38 T2map images being studied. The arbitrary SI data were measured using one millimeter ROI of the machine measurement tools and the values of T2map were based on a fitted exponential decay calculation generated from the graphs developed by the Window excel. The mean differences amongst T2map values on the sagittal plan femoro-tibial cartilage and coronal plan femoro-tibial (medial and lateral) were statistically tested using One-way Anova, and all the T2map images also graded by the radiologist following the OA the grading levels as published Internationally. In conclusion, an increased TE on the application of multi-spin echo sequence T2map, causing the calculated T2map values varied not only in the sagittal area of the knee joint cartilage of the femoral and tibial but also in the coronal femoro-tibial (medial and lateral) for both the male and female healthy volunteer subjects, and different BMI category (under-weight, normal-weight, over-weight). The values T2map within and between BMI group and among different gender showed statistically no difference ( $p$ -value > 0.05). The averaged T2map and its standard deviations have been used to define the T2map biomarkers (baseline T2map values) in each BMI group subjects and between gender for both of the knee joint sagittal and coronal planes despite the 1.5T MRI modality is not facilitated to commercial qMRI supporting software.

*Key words: T2map MRI, OA, knee joint-cartilage, BMI group, gender*

### Abstrak

Pencitraan diagnostik kuantitatif MRI (qMRI) untuk mendeteksi gangguan osteoarthritis (OA) kartilago sendi lutut dengan aplikasi software cartigram sampai dengan saat ini masih terus berkembang dengan pesat. Screening OA terkendala jika qMRI 1,5T tidak difasilitasi dengan software khusus tersebut khususnya pada subyek dengan Indeks Masa Tubuh (IMT) dan jenis kelamin berbeda. Penelitian ini bertujuan menerapkan metode generik pengukuran kuantitatif intensitas signal (IS) pada aplikasi sequence T2map terhadap berbagai variasi waktu echo (TE) dan menetapkan nilai T2map dalam perannya sebagai biomarker rujukan pada 3 varian IMT pasien sehingga qMRI untuk deteksi dini

gangguan cartilage sendi lutut dapat di terapkan meskipun tanpa software khusus. Penelitian kuantitatif ini dilakukan dengan pendekatan eksperimental. Data IS dan nilai  $T2map$  diperoleh secara random bertujuan pada hasil citra MRI cartilage sendi lutut dari 19 subyek volunteer pria dan wanita sehat. Total 38 citra  $T2map$  cartilage sendi lutut kiri yang dipilih dari potongan sagital (pengukuran IS pada ROI cartilage femoral dan sagital) dan potongan coronal (pengukuran IS pada ROI femoro-tibial medial dan lateral) dievaluasi oleh seorang Radiologist ekspert dalam interpretasi klinik gangguan OA citra MRI. Program aplikasi MS.excel 2007 dan Microcal V.07 digunakan dalam pengolahan dan analisis data. Disimpulkan bahwa kenaikan TE pada aplikasi sequence multi-spin echo  $T2map$ , menyebabkan nilai  $T2map$  terukur yang bervariasi tidak hanya pada potongan sagital cartilage sendi lutut femoral dan tibial tetapi juga pada coronal femoro-tibial (medial dan lateral) baik pada subyek volunteer pria maupun wanita di setiap kategori IMT (*under-weight, normal-wieght, over-weighth*). Nilai-nilai mean  $T2map$  subyek sehat secara statistik menunjukkan tidak ada perbedaan yang bermagna ( $p\text{-value}>0,05$ ) intra atau inter grup IMT. Evaluasi secara diskriptip di setiap grup IMT menjelaskan adanya variasi dalam rentang nilai mean dan deviasi standar  $T2map$ . Baseline  $T2map$  cartilage pada area sendi lutut potongan sagital dan coronal dapat ditetapkan sebagai biomarker rujukan, dan screening deteksi dini gangguan cartilage persendian lutut dapat diterapkan meskipun modalitas MRI 1,5T tidak difasilitasi software pendukung untuk cartigram.

**Kata kunci:**  $T2map$  MRI, OA cartilage sendi lutut, grup IMT

## 1. Pendahuluan

Osteoarthritis (OA) adalah tipe dari arthritis atau peradangan pada persendian yang disebabkan oleh kerusakan atau penguraian dan akhirnya kehilangan cartilage dari satu atau lebih sendi-sendi. Diantara lebih dari 100 tipe yang berbeda dari kondisi arthritis, osteoarthritis adalah yang paling umum, mempengaruhi lebih dari 20 juta orang-orang di Amerika. Osteoarthritis terjadi lebih sering ketika seseorang mengalami proses penuaan usia. Sebelum umur 45 tahun, dan lebih sering terjadi pada pria. Sementara itu setelah umur 55 tahun, lebih sering terjadi pada wanita. Di Amerika, gangguan OA terjadi tidak hanya disebabkan karena faktor usia tetapi juga karena faktor ras. Prevalensi yang lebih tinggi dari osteoarthritis ada pada populasi orang Jepang, sementara orang-orang ber-ras negroid daerah Afrika, India dan China Selatan mempunyai angka-angka yang lebih rendah.

Kegemukan (*obesitas*) menyebabkan OA karena adanya peningkatan tekanan mekanik terhadap cartilage. Setelah penuaan, kegemukan adalah faktor risiko yang paling kuat untuk OA khususnya

pada daerah sendi lutut (*genu*). Status kegemukan individu (*obess*) dapat dapat diestimasi berdasarkan IMT nya. Menurut WHO (2004), IMT individu dihitung dengan melihat rasio berat badan terhadap kuadrat ukuran tinggi badan seseorang, sehingga dibedakan menjadi 3 kelompok IMT (*under-weight, normal-weight dan over-weight*). Selain faktor *obess*, aktivitas gerak yang berlebih disertai beban yang berat juga menjadi salah satu faktor penyebab OA dikalangan olahragawan. Perkembangan awal dari OA pada lutut diantara atlet-atlet angkat besi dipercayai disebabkan oleh faktor berat badan mereka yang tinggi. Trauma yang berulang kali pada jaringan sendi (*ligamen, tulang, dan cartilage*) dipercayai mengarah pada gejala OA dini pada lutut pada pemain bola. Namun, beberapa studi terbaru tidak menemukan adanya risiko OA yang meningkat pada pelari jarak jauh.

Magnetic Resonance Imaging (MRI) digunakan sebagai salah satu modalitas pencitraan medis untuk pemeriksaan klinis sejak tahun 1982, terutama pemeriksaan sistem *musculoskeletal*. Dalam perkembangannya MRI banyak berperan sebagai modalitas dalam berbagai pemeriksaan terutama

kelainan pada jaringan lunak (tumor soft tissue, ruptur tendon, maupun metastasis). Dewasa ini, kemampuan teknologi MRI dapat membantu untuk melihat proses fungsional organ (fMRI) bahkan sampai dengan kemampuan untuk melakukan perhitungan secara kuantitatif (qMRI). Perubahan struktur jaringan dapat diamati dengan qMRI yakni dengan menggunakan sekuens morfologis seperti *Fast Low Angle Shot* (FLASH) dan *3D Spoiled Gradient Recalled Echo* (SPGR), sedangkan sekuens yang lain dapat pula menunjukkan kondisi biokemis jaringan seperti dengan mengaplikasikan sekuens kuantitatif T2 mapping (*T2map*) atau T1 rho. Dengan sekuens kuantitatif *T2map* ini memungkinkan dilakukan pengukuran intensitas signal daerah cartilage persendian, untuk beberapa jenis modalitas dikenal dengan *T2map CartiGram* atau *T2map multi contrast* (Watanabe, 2012).

Metode akuisisi citra *T2map* scanning MRI area sendi lutut-kartilago yang diterapkan untuk mendeteksi secara dini kemungkinan-kemungkinan pasien akan mengalami OA telah banyak diaplikasikan oleh operator dan klinisi di rumah sakit atau klinik Radiologi. Beberapa studi menjelaskan efektifitas pendeteksian dini dari kemungkinan kelainan tersebut didasarkan pada berbagai kelompok usia, berat badan, gender dan Indeks Massa Tubuh (IMT) (Mc Guckin, 2008; Chu JH dkk., 2009; Braun and Gold, 2011; Watanabe, 2012).

Aplikasi metode akuisisi *T2map* dengan dukungan *software* seperti *CartiGram* (Mc Guckin, 2008) untuk MRI 1,5 T pada sentra-sentra pelayanan pemeriksaan di Jawa Tengah juga cukup populer dalam mengidentifikasi gangguan OA. Namun demikian tidak semua modalitas MRI 1,5 T diperlengkapi dengan *software* pendukung khusus untuk tujuan penialain OA mengingat penambahan piranti ini bersifat optional yang secara komersial harga pengadaannya relatif sangat mahal. Disamping itu, pendeteksian dini OA secara kuantitatif dengan

dukungan *software* pada dasarnya bersifat otomatis yaitu selain menampilkan citra tekstur warna dari struktur celah sendi yang khas juga dapat menampilkan grafik eksponensial decay *CartiGram*. Ekspertasi gangguan sendi lutut atau OA oleh Radiologist/Klinisi adalah langsung secara kualitatif dengan mengevaluasi citra *T2map* dan grafik *CartiGram* yang ada. Sayangnya dalam pengukuran kuantitatif otomatis ini *raw data* nya tidak dapat diakses langsung sehingga tidak diketahui nilai Intensitas Signal (IS) hasil pengukuran terlebih bila hendak dicari nilai-nilai IS tersebut berikut *T2map* nya pada pemeriksaan *screening* OA MRI genu pasien untuk IMT tertentu. Oleh karena itu ekspertasi dokter dalam mendeteksi kelainan dini (luas dan volume kelainan persendian) cenderung mengandalkan penilaian kualitatif saja.

Metode-metode pencitraan guna pendeteksian OA sampai dengan saat ini masih terus berkembang dengan pesat. Sehubungan dengan hal tersebut, metode pengukuran kuantitatif generik dalam riset klinik masih diperlukan terutama bila tujuan pendeteksian kelainan OA adalah untuk estimasi dan asosiasi pen pengukuran luas dan volume kelainan yang dicari dengan berorientasi pada variabel IMT pasien. Dengan demikian, bagi sentra-sentra pelayanan MRI 1,5 T yang peralatannya belum didukung dengan *software* otomatis pendeteksi OA seperti *CartiGram* sebagai contoh, akan terkendala karena akan mengalami kesulitan melayani program *screening* OA pasien.

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas maka akan sangat membantu bila data mentah IS dapat diperoleh, sehingga dapat dipakai sebagai informasi perbandingan dalam mengidentifikasi dini OA baik pada MRI yang telah diperlengkapi *software* maupun yang belum memiliki *software* khusus. Dengan demikian studi yang dikerjakan oleh tim peneliti adalah melakukan kajian terhadap hasil-hasil pengukuran IS secara

kuantitatif dengan memanfaatkan sekuen T2map MRI khususnya terhadap 3 kelompok IMT pasien. Diharapkan kajian ini dapat diterapkan dalam pemeriksaan *screening* MRI- OA berdasarkan nilai rentang batas kenormalan IS (baseline) dan grafiknya pada bagian organ sendi lutut-kartilago.

Tujuan dari penelitian adalah mendapatkan gambaran hasil pengukuran kuantitatif Intensitas Signal sekuen T2map pada berbagai variasi waktu echo (TE) terhadap 3 kelompok IMT pasien. Selain daripada itu, penelitian ini akan mendapatkan rentang nilai T2 biomarker rujukan untuk 3 kelompok IMT pasien sehingga dapat dipergunakan sebagai pembandingan dalam mendeteksi gangguan dini OA sendi lutut-kartilago menggunakan MRI 1,5 T. *Outcome* yang diharapkan dari hasil penelitian terapan ini dapat membantu sentra pelayanan MRI 1,5T untuk mampu melakukan prosedur *screening* terhadap pasien guna mengidentifikasi OA dini mengacu pada temuan baseline nilai T2map meskipun tanpa diperlengkapi dengan software khusus MRI.

## 2. Metode

Jenis studi ilmiah dalam penelitian ini adalah *experimental* dan *survey* adalah metode pendekatan yang digunakan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni – September 2013 dan lokasi pengambilan data pada 2 rumah sakit yang telah dipilih merepresentasikan sentra pelayanan MRI 1,5T di Jawa Tengah dan berlokasi di kota Semarang.

Subyek berusia antara 17-43 tahun yang dilibatkan dalam penelitian ini sejumlah 21 orang. Keseluruhan subyek dipilih secara acak bertujuan sesuai dengan hasil *screening* status kesehatan dan anamnesis klinik yang telah ditetapkan menjadi subyek terlibat dalam penelitian, dan telah melalui proses pemeriksaan kesehatan secara umum (*vital signs*) dan anamnesis klinik (kebiasaan/rutinitas aktifitas fisik) guna keperluan penetapan

status kesehatannya. 18 dari 21 subyek volunteer berbadan sehat dengan indeks Masa Tubuh (*under-weight*; *normal-weight*; *over-weight*) dan jenis kelamin (*pria*; *wanita*) berbeda telah ditetapkan sebagai subyek volunteer sehat. Semua individu yang dikenakan sebagai subyek penelitian diminta untuk mengisi *informed consent* sebagai pernyataan kesediaan sebagai untuk dilibatkan secara langsung dalam pemeriksaan MRI pada organ sendi lutut. *Ethical clearance* dari komite medis yang berwenang dipakai sebagai dasar penjelasan terkait pelaksanaan penelitian eksperimental ini, sehingga jaminan perlindungan hukum bagi pelaksanaan penelitian secara legal-formal tetap dalam koridor normatif etika riset terapan.

Dua unit pesawat MRI dengan kekuatan medan magnet 1,5 Tesla Superkonduktor, beberapa unit piranti keras dan lunak pendukung pencitraan lainnya juga dipersiapkan sebagai alat pengumpul data antara lain *console table*, unit *Image viewing* dengan *Work stations (AW MR)*, *Coil genu : GP Flex*, *Fiksasi/straps*, alat pengukur tinggi badan dan berat badan untuk penghitungan IMT, *IMT calculator*, WHO 2004, *portable laptop*. Verifikasi performa pesawat MRI dan unit pendukung lainnya (*Quality Control MRI*) telah terkalibrasi dengan baik (*sertifikat uji kesesuaian*), Parameter yang ada hubungannya dengan pencitraan T2map *multi-echo* juga diobservasi secara kualitatif berdasarkan beberapa dokumen *maintenance* alat, dengan demikian telah dipastikan kondisi performa unit pesawat MRI benar-benar dalam keadaan layak untuk pemeriksaan klinik.

Penetapan standar kriteria sendiri (*own criteria-standard*) guna pengukuran IS daerah persendian-cartilage yakni pertama, dibuat plan citra MRI aksial T2\* GRE; *Proton Density* dan T2map dari genu dalam 3 kategori IMT terhadap 3 orang sehat yang telah di verifikasi berdasarkan SOP anamnesis klinik *screening* pasien MRI-OA (terlampir) dan ditetapkan oleh klinisi ketiganya dalam kondisi sehat. *Own*



criteria-standard telah di konsulkan ke Radiologist sebagai area pengukuran intensitas signal persendian-kartilago (feromal crtilage, tibila cartilage, medial dan lateral articular cartilage), dan untuk meminimalisasi kemungkinan terjadinya kesalahan yang tidak di inginkan dalam setiap tahap pengukuran intensitas signal di daerah target dengan ROI yang telah disepakati. Kedua, dibuat akuisisi *T2map* potongan aksial dan coronal dengan resolusi 0.3-0.6 mm, tebal irisan antara 2 – 5 mm mengacu standar kriteria pada langkah kedua, kemudian aplikasikan pengukuran Intensitas Signal menggunakan ROI (2 ROI-bidang sagital dan 4 ROI-bidang coronal).

Sampel data pengukuran arbitrary intensitas signal (IS) rata-rata ditabulasikan dan di anlisis pada setiap variasi TE untuk masing-masing kategori kelompok IMT. Selanjutnya *plotting* grafik fungsi intensitas signal terhadap waktu echo (grafik kurva simulasi IS menggunakan single exp. decay) dibuat menggunakan software MS Excl. Window 2007, dan perhitungan nilai *T2map* terukur dilakukan dengan mengaplikasikan persamaan perbandingan sebagai berikut :

$$IS_t = IS_0 \cdot \exp. (-TE/T2) \dots\dots\dots (1)$$

$$IS_t = IS_0 \cdot \exp. (-TE.k) \dots\dots\dots (2)$$

$$IS_0 \cdot \exp. (-TE.k) = IS_0 \cdot \exp. (-TE/T2)$$

$$TE.k = TE./T2$$

$$T2 = TE/ TE.k$$

$$T2 = 1/ k \dots\dots\dots (3)$$

Dimana,

$IS_t$  = Intensitas Signal terukur (persamaan 1 dan 2)

$S_0$  = Signal decay

TE = Waktu echo

$\exp. (-TE/T2)$  = eksponensial decay TE pada T2 (persamaan perhitungan kesesuaian simulasi signal dengan single exponential curve)

$\exp. (-TE.k)$  = eksponensial decay TE pada T2 (persamaan perhitungan kesesuaian simulasi signal dengan single regresi exponential curve Excl)

T2 = nilai citra karakteristik *T2map* yang diobservasi,

Data *T2map* hasil perhitungan ditabulasikan diuji secara statistik inferensial perbedaannya (One-way Anova) dengan software aplikasi Origin Microcal v.7.0. (OriginLab Corporation, USA, 2013) yakni menguji signifikansi perbedaan nilai *T2map* Sagital femoral dan tibial cartilage, dan *T2map* coronal femoral dan tibial (medial dan lateral) dari 18 subyek sesuai grup IMT pada masing-masing jenis kelamin. Keputusan statistik terhadap hipotesa null : tidak ada perbedaan nilai-nilai mean *T2map* Sagital femoral dan tibial cartilage, dan *T2map* coronal femoral dan tibial (medial dan lateral) adalah diterima (p-value > 0,05) pada tingkat kepercayaan 95%. Untuk memperkuat validasi subyek volunter sehat, pengukuran kualitatif gradasi cartilage dari sampel citra *T2map* sendi lutut diperoleh dari evaluasi citra berdasarkan bacaan Radiologist menggunakan grading system (Clues JV. dkk, 1987 dan Peterfy, CG. Dkk, 2004) yaitu grade 0, *normal me-niscus*; grade 1, *increased signal intensity of the meniscus without evidence of a tear*; grade 2, *small radial meniscal tear*; grade 3, *nondisplaced single meniscal tear*; grade 4, *nondisplaced complex me-niscal tear*; grade 5, *meniscal tear with displaced component*; and grade 6, *macerated meniscus*.

Berdasarkan hasil analisis statistik ditetapkan rerata dan standar deviasi nilai *T2map* sehingga dapat diperoleh rentang nilai *T2map* pada masing-masing grup IMT. Diskripsi gradasi cartilage sendi lutut berikut Tabel rentang nilai *T2map* untuk selanjutnya dapat disimpulkan menjadi Baseline rujukan biomarker deteksi gambaran OA.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Hasil

##### a. Profil subyek penelitian

Profil dari subyek volunter

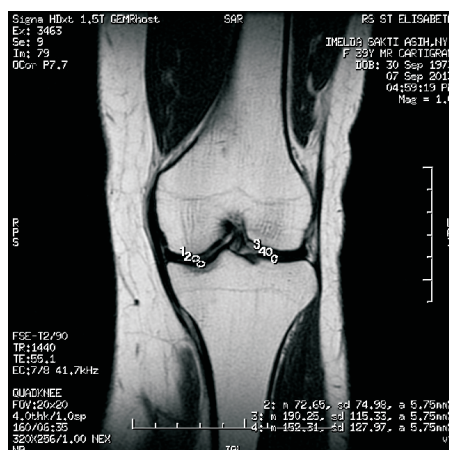
pemeriksaan screening MRI cartilage sendi lutut dan pemeriksaan tanda vital individu adalah sebagaimana terlihat pada gambaran kualitas subyek secara umum dalam berikut.

Tabel 1. Gambaran kualitas subyek volunteer (umur;IMT group;jenis kelamin)

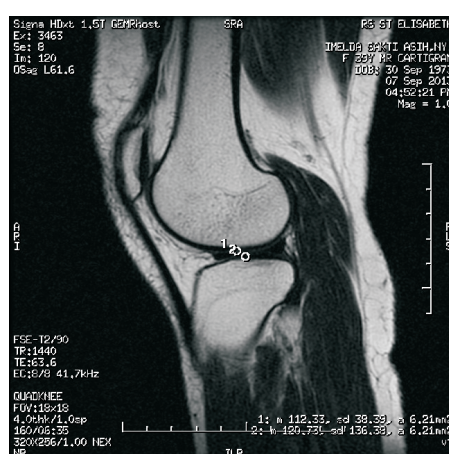
IMT group	Umur	Jenis kelamin		Perhitungan Mean±SD IMT	Standar IMT Group
		P	W		
Under-weight	17-38	3		18,17±0,22	< 18,5 kg/m <sup>2</sup>
	22-28	3		17,29±0,72	
Normal-weight	22-35	3		20,51±1,44	8,5 – 22,9 kg/m <sup>2</sup>
	25-40	3		20,29±0,34	
Over-weight	30-43	3		32,29±7,63	> 23 kg/m <sup>2</sup>
	26-30	3		29,75±5,14	

*b. Evaluasi citra T2map dan penentuan gradasi cartilage sendi lutut potongan sagital dan coronal subyek volunteer sehat*

2 citra dari sampel subyek volunteer sehat normal-weight di penggunaan untuk penetapan kriteria standar area pengukuran (ROI) intensitas signal sagital scan dan coronal, dan total 38 citra T2map potongan sagital dan coronal yang telah dibuat mengacu standar kriteria dievaluasi oleh seorang radiologist expert di bidang pembacaan MRI cartilage sendi lutut. Hasil evaluasi mendiskripsikan bahwa secara umum kondisi cartilage sendi lutut para subyek masih dalam batas-batas secara klinis belum dikatakan mengidap gangguan fungsi karena OA. Dari 38 citra sampel subyek yang diobservasi, terdapat 35 citra sampel subyek berada pada kisaran penilaian grade 0, *normal me-niscus* sd. grade 1, *increased signal intensity of the meniscus without evidence of a tear*, dan 3 sisanya berada pada grade 2, *small radial meniscal tear*.



(a)



Gambar 1. Citra T2Map Sendi lutut kiri potongan sagital dan coronal. (a) pengukuran IS ROI potongan coronal femoro-tibial cartilage; (b) pengukuran IS ROI potongan sagital femoral medial-lateral, dan tibial medial-lateral pada masing-masing 3 grup IMT subyek volunteer wanita sehat.

Dari hasil perhitungan berdasarkan grafik kurva simulasi IS menggunakan single exp. Decay (persamaan 3), diperoleh nilai-nilai hitung mean dan deviasi stadar T2map sendi lutut potongan Sagital pada ROI femoro-tibial dan Coronal pada ROI femoro-tibial (medial dan lateral) subyek volunteer sehat jenis kelamin Pria dan Wanita berdasarkan IMT.

Berdasarkan informasi uji statistik One-way Anova, nilai-nilai p-value > 0,05, hal ini menunjukkan bahwa nilai-nilai T2map pada daerah cartilae sendi lutut secara spesifik (Sag.femoral cart; Sag.tibial cart.; Cor.femoral med.cart.; Cor.tibial med.cart.; Cor.femoral med.cart.; Cor.tibial med.cart.; Cor.femoral med.cart.; dan Cor.tibial lat.cart.) dari sampel di setiap grup IMT adalah tidak ada perbedaan, hal ini terjadi pada masing-masing jenis kelamin pria dan wanita. Dengan demikian secara statistik pada dasarnya nilai-nilai mean T2map semua subyek volunteer sehat adalah relatif sama namun bersifat spesifik pada tiap bagian cartilage sendi lutut untuk masing-masing grup IMT dan jenis kelamin. Hasil ekspertasi Radiologist juga memberikan penilaian citra T2map semua subyek volunteer pada grading OA antara 0-3, atau kondisi cartilage sendi lutut subyek teliti adalah masih dalam batasan yang secara fungsional normal. Meskipun telah diketahui secara statistik nilai-nilai mean T2map memiliki kesamaan, bila ditinjau berdasarkan analisis secara diskriptip nilai mean memiliki variasi secara spesifik terhadap deviasi standarnya.

*c. Penentuan rentang nilai T2 biomarker rujukan untuk 3 kelompok IMT pasien sebagai pembandingan (baseline) dalam mendeteksi gangguan dini OA sendi lutut-kartilago menggunakan MRI 1,5T*

Berdasarkan kesimpulan dari hasil ringkasan uji statistik dan perbandingan nilai T2map, arbitrary IS nilai atau T2map pada cartilage sendi lutut (genu) subyek sehat menunjukkan tidak ada perbedaan secara signifikan, hal ini membuktikan pula bahwa secara morfologis nilai-nilai T2map cartilage persendian lutut subyek sehat adalah tidak berbeda.

## **Pembahasan**

Pengukuran secara kuantitatif arbitrary Intensitas Signal (IS) dalam pencitraan diagnostik radiologi dengan modalitas MRI lebih di kenal dengan istilah quantitative MRI (qMRI). Metode ini telah banyak dikembangkan dan di aplikasikan untuk tujuan penegakkan diagnosa klinik. Seiring dengan perkembangan ini, beberapa jenis dan type modalitas MRI 1,5T - 3T telah diperlengkapi teknologi sequence scan dengan aplikasi software yang mampu secara simultan untuk menghitung dan menampilkan peta citra warna dari lesi atau gangguan patologis pada jaringan atau organ tubuh manusia. Namun demikian tidak semua modalitas MRI 1,5T khususnya diperlengkapi dengan software system otomatis guna tujuan quantitative, sebagai contoh konsekwensinya pengukuran dan penghitungan IS pada pencitraan musculoscleatal MRI dalam pendeteksian gangguan dini oesteoarthritis (OA) daerah persendian genu (sendi lutut) tidak optimal.

Pembahasan hasil dalam penelitian ini akan mendiskusikan dan menggambarkan metode qMRI yang lebih bersifat generik dalam rangka optimalisasi system imejing yakni dalam hubungannya pendekatan pengukuran IS secara arbitrary sebagai respon dari aplikasi sequence T2map MRI cartilage sendi lutut untuk penentu biomarker deteksi dini Osteoarthritis (OA) pada 3 kategori IMT subyek volunteer pria dan wanita.

*a. Gambaran hasil pengukuran kuantitatif IS sekuen T2map pada berbagai variasi waktu echo (TE) terhadap 3 kelompok IMT pasien.*

Pengukuran IS citra T2map diaplikasikan terhadap persendian lutut sebelah kiri dari subyek sampel volunteer wanita dan pria berbadan sehat. Dengan fasilitas pengukuran MR signal menggunakan ROI, diketahui bahwa nilai TE pada variasi peningkatan 8, 16, 24, 32, 40, 48, 60 dan 64 atau dikenal dengan sequence multi-spin echo T2map menghasilkan nilai-nilai arbitrary IS secara individual yang menurun sesuai perubahan

kenaikan waktu TE-nya. IS terukur pada area pengukuran citra  $T2map$  potongan sagital cartilage sendi lutut femoral dan tibial serta potongan coronal femoro-tibial (medial dan lateral) pada subyek volunteer pria dan wanita sehat juga menunjukkan pola penurunan yang sama. Dalam teori pengukuran rasio relaksasi transversal  $T2$  pada aplikasi sequence multi-spin echo  $T2map$ , dijelaskan bahwa IS terukur akan menurun secara regresi eksponensial sebagai fungsi dari perubahan keaikan nilai TE. Menaikan penggunaan nilai TE pada sequence multi-echo  $T2map$  akan menghasilkan IS yang menurun secara gradual eksponensial dan bersifat spesifik di setiap area pengukuran potongan sagital (cartilage femoro-tibial) dan coronal (cartilage femoro-tibial medial maupun lateral) untuk masing-masing subyek berbeda IMT dan jenis kelamin. Secara fisis hal ini juga sesuai dengan karakteristik relaksasi  $T2$  jaringan ( $T2$  decay) pada magnetisasi trnasversal (Carneiro, 2006). Dengan demikian maka pada variasi peningkatan TE aplikasi sequence multi-spin echo  $T2map$ , menghasilkan IS terukur yang bervariasi di area sagital cartilage sendi lutut femoral dan tibial serta coronal femoro-tibial (medial dan lateral) khususnya pada subyek volunteer pria dan wanita di masing-masing kategori IMT (under-weight, normal-wieght, over-weight) (Fiedrich, 2006 dan Watanbe, 2012),

Penghitungan nilai  $T2map$  adalah proses matematis yang esensial dalam rangka mencari nilai mean dan deviasi standar pada masing-masing kategori IMT. Menerapkan persamaan eksponensial decay ( $IS_t = IS_0 \cdot \exp.^{-TE/k}$ ) memudahkan dalam penghitungan nilai  $T2map$  yang di dasarkan pada hasil plotting grafik fungsi IS terhadap TE untuk MRI potongan Sagital femoro-tibial dan Coronal femoro-tibial (medial dan lateral) sendi lutut kiri baik terhadap subyek volunteer Pria maupun Wanita (Chu, 2009).

Merujuk pada hasil statistik diskriptif untuk rentang nilai-nilai minimum dan maksimum  $T2map$  subyek

jenis kelamin pria dan wanita dapat di simpulkan bahwa rentang nilai  $T2map$  untuk potongan sagital maupun coronal cartilage sendi lutut secara umum lebih tinggi melampaui nilai referesi sebagaimana studi yang dilaporkan oleh Chu dkk. (2009) terhadap genu subyek sehat di Korea (Asia timur). Namun demikian nilai  $T2map$  pada potongan sagital-tibial dan coronal-tibial medial dalam studinya menggambarkan profil nilai yang hampir sama dengan studi dalam penelitian ini yakni secara umum memiliki nilai  $T2map$  yang relatif lebih tinggi baik antara kategori IMT maupun jenis kelamin. Variabilitas nilai  $T2map$  yang ditemukan dalam studi ini dapat diasiosiasikan dengan kemungkinan faktor-faktor lain seperti kekhususan karakteristik  $T2$  jaringan cartilage sendi lutut bagi kebanyakan gaya hidup kaum pria atau wanita dan tingkat obesitas dari subyek sampel orang Indonesia (Jawa Tengah).

b. *Penentuan nilai  $T2map$  biomarker rujukan untuk 3 kelompok IMT pasien sebagai pembandingan (baseline) dalam mendeteksi gangguan dini OA sendi lutut-kartilago menggunakan MRI 1,5.*

Berdasarkan resume hasil analisis statistik inferensial (one-way Anova) sebagaimana pada Tabel 3., hasil uji statistik terhadap hipotesa null ( $H_0$ : tidak ada perbedaan bermagna nilai  $T2map$  diantara potongan sagital dan coronal) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nilai mean  $T2map$  pada potongan sagital (femoral dan tibial cartilage) dan pototongan coronal (tibial-femoral medial dan tibial-femoral lateral) dari sampel subyek di setiap kategori IMT, baik untuk jenis kelamin wanita maupun pria. Hal ini membuktikan bahwa nilai mean  $T2map$  antar area pengukuran cartilage sendi lutut pada sampel subyek sehat adalah relatip tidak berbeda pada tingkat kepercayaan 0,05 ( $p-value > 0,05$ ). Sebagaimana dilaporkan oleh Chu dkk. (2006) dan Friedrich dkk. (2009),



menggambarkan bahwa profil nilai mean  $T2map$  pada persendian lutut subyek sehat secara statistik adalah relatif sama. Namun demikian bila dilihat secara diskriptif nilai-nilai mean dan deviasi standar  $T2map$  antar area pengukuran cartilage sendi lutut dan antar kategori IMT menjelaskan adanya variasi rentang nilai.

Hasil evaluasi klinisi terhadap citra  $T2map$  cartilage sendi lutut kiri potongan sagital dan coronal menjelaskan bahwa secara umum keseluruhan sampel subyek volunteer wanita dan pria masih belum digolongkan mengalami gangguan fungsional. Meskipun terdapat 3 dari 18 subyek berada pada grade penilaian 3, 15 subyek lainnya masih dalam rentang grade penilaian 0 - 1 dan pada grade 1-3 secara morfologis dan fungsional kondisi pasien masih dalam kategori sehat (Friedrich dkk, 2009).

Dengan demikian maka nilai  $T2map$  biomarker rujukan pembandingan (baseline) berdasarkan 3 kelompok IMT dan 2 jenis kelamin untuk kepentingan screening pendeteksi gangguan dini OA sendi lutut-kartilago pasien menggunakan MRI 1,5 T sebagaimana tabel 4-5 adalah dapat digunakan.

#### 4. Simpulan dan Saran

##### Simpulan

Pengukuran IS sebagai efek dari variasi nilai TE pada pencitraan cartilage persendian lutut dari total 19 subyek sampel volunteer wanita dan pria berbadan sehat dengan aplikasi sequence multi-spin echo  $T2map$  menghasilkan nilai-nilai signal secara individual yang menurun sesuai perubahan kenaikan waktu TE-nya. Variasi peningkatan waktu TE pada aplikasi sequence tersebut, menghasilkan nilai  $T2map$  terukur yang bervariasi di area sagital cartilage sendi lutut femoral dan tibial serta coronal femoro-tibial (medial dan lateral) baik pada subyek volunteer pria maupun wanita untuk masing-masing kategori IMT (under-weight, normal-weight, over-weight). Namun demikian,

nilai  $T2map$  yang dihasilkan secara statistik menunjukkan tidak ada perbedaan yang bermagna pada tingkat kepercayaan 0,05 ( $p-value > 0,05$ ).

Rentang nilai  $T2map$  biomarker rujukan untuk masing-masing 3 kelompok IMT pasien berdasarkan area pengukuran cartilage sendi lutut potongan sagital dan coronal di buat untuk selanjutnya dapat ditetapkan sebagai pembandingan (baseline) dalam screening mendeteksi gangguan cartilage persendian lutut secara lebih dini meskipun menggunakan modalitas MRI 1,5T tanpa fasilitas software pendukung qMRI untuk cartigram.

##### Saran

Metode pendekatan kuantitatif pengukuran  $T2map$  biomarker rujukan sebagaimana dalam penelitian ini dapat diaplikasikan pada modalitas MRI 1,5T yang belum atau tidak diperlengkapi dengan software pendukung komersial pendeteksian gangguan OA pada cartilage sendi lutut.

Penelitian klinik dengan studi yang melibatkan sampel populasi yang lebih luas sebaiknya dilakukan dan uji sesifitas terhadap metode yang dikembangkan perlu untuk di tindaklanjuti.

#### 5. Ucapan Terimakasih

Ucapan banyak terimakasih disampaikan atas kesempatan yang diberikan untuk mendapatkan DanaRisbinakes DIPA Politeknik Kesehatan Kemenkes Semarang, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

#### 6. Daftar Pustaka

Braun and Gold. 2011. *Diagnosis of osteoarthritis: Imaging*, diakses tanggal 25 Mei 2013 pada situs [journal homepage : www.elsevier.com/locate/bone](http://journal.homepage.com/locate/bone)

- Brown dan Semelka. 2003. *MRI Basic Principles and Applications Third Edition*, Wiley-Liss
- Chu JH dkk. 2009. *MR T2 Map Technique: How to Assess Changes in Cartilage of Patients with Osteoarthritis of the Knee*. Korean J Med Phys, (4):298-307.
- Carneiro AAO. dkk. 2006. *MRI Relaxometry: Methods and Applications*, Brazillian Journal of Physics, vol. 36, no. 1A.
- Evert JB. 2004. *MRI: Basic Physics*, [support@mri-physics.com](mailto:support@mri-physics.com)
- Friedrich KM., Shepard T, dkk. 2009. *T2 measurements of cartilage in osteoarthritis patients with meniscal tears*, AJR:193
- Mc Guckin dan Colin P. 2008. *Exploring MRI*, <http://www.modernmedicare.in>
- Watanabe, A. 2012. *Recent advances in clinical MR of articular cartilage*, GEHealthcare.com/MR
- WHO. 2007. *Indeks Massa Tubuh (IMT/Body Mass Index)*, PT. Roche Indonesia