



COMPARISON MEASUREMENT AND CALCULATION OF BRAIN TUMOR IN MRI MODALITIES UTILISING SPIN-ECHO PULSE SEQUENCE T1-WEIGHTED CONTRAST AND DIGITAL IMAGE PROCESSING APPLICATIONS

PERBANDINGAN PENGUKURAN DAN KALKULASI TUMOR OTAK PADA MODALITAS MRI DENGAN MENGGUNAKAN PULSA SEQUENCE SPIN ECHO PEMBOBOTAN T1 KONTRAS DAN DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

Maizza Nadia Putri^{1*}, Kusworo Adi², M.Irwan Katili³, Sidin Hariyanto³, Dwi Rochmayanti³

¹ Radiology Study Program, STIKES Guna Bangsa Yogyakarta, Indonesia

² Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Diponegoro University, Indonesia

³ Imaging Diagnostik, Master in Applied Health, Ministry of Health Polytechnic of Health Polytechnic Semarang, Indonesia

ABSTRACT

Background: Evaluation of brain tumor MRI image results performed by radiologists employing the linear measurement method has several weaknesses and is sensitive to subjectivity. **Purpose:** To compare the results of measurements and calculations of brain tumors utilizing the linear measurement method on the Siemens 1.5 Tesla MRI modality employing pulse sequence spin echo with T1 contrast weighting compared with the results of measurements and calculations of brain tumors utilizing the active contour segmentation method. **Method:** An experimental study was conducted on 32 MRI images. **Result:** The study's findings indicated that the linear measurement was more significant than the active contour segmentation method (p -value < 0,05). The results were obtained by calculating the sensitivity and specificity values of the diagnostic test, which were calculated to be 87.5%. **Conclusion:** The active contour segmentation method applied to pulse sequence spin-echo T1-weighted contrast can be utilized as an alternative measurement and calculation of brain tumors with a sensitivity and specificity value of 87.5%. Further research suggests developing a Matlab application to compare the results of measurements and calculations of brain tumors on acquiring 3D image magnetic resonance imaging data.

ABSTRAK

Latar belakang: Evaluasi hasil citra MRI tumor otak yang dilakukan oleh dokter spesialis radiologi menggunakan metode *linear measurement* mempunyai beberapa kelemahan dan rentan terhadap subjektivitas. **Tujuan:** Untuk membandingkan hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak metode *linear measurement* pada modalitas MRI Siemens 1,5 Tesla menggunakan *pulse sequence spin echo* pembobotan T1 kontras dengan hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode segmentasi *active contour* yang dibuat. **Metode:** Penelitian eksperimen dilakukan pada 32 citra MRI. **Hasil:** Hasil pengukuran menggunakan metode *linear measurement* lebih besar dibandingkan dengan metode segmentasi *active contour* (p -value < 0,05). Pada metode segmentasi *active contour* menggunakan ukuran *slice thickness* 5 mm sebagai ukuran "t", didapatkan hasil perhitungan nilai sensitivitas dan spesifisitas sebesar 87,5 dalam uji diagnostik. **Kesimpulan:** Metode segmentasi *active contour* yang diaplikasikan pada *pulse sequence spin echo* T1 *weighted* kontras dapat digunakan sebagai alternatif pengukuran dan kalkulasi tumor otak dengan nilai sensitivitas dan spesifisitas sebesar 87,5%. Saran untuk penelitian selanjutnya dapat mengembangkan aplikasi Matlab yang sudah dibuat untuk dibandingkan dengan hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak pada akuisisi data 3D *image magnetic resonance imaging*.

Research Report Penelitian

ARTICLE INFO

Received 26 August 2021
Revised 20 December 2021
Accepted 30 September 2022
Online 01 November 2022

Correspondence:
Maizza Nadia Putri

E-mail:
nadiaputri1596@gmail.com

Keywords:
Brain MRI, Brain tumour, Linear measurement, Segmentation, Active contour

Kata kunci:
MRI brain, Tumor otak, Linear measurement, segmentasi, Active contour



PENDAHULUAN

Kasus tumor otak disebabkan oleh adanya pertumbuhan sel otak secara cepat dan abnormal (Basyid and Adi, 2014; Adriyanto and Agung, 2018). Berdasarkan penyebarannya, rata-rata tumor otak jarang menyebar ke area lain dari tubuh manusia, namun sering ditemukan penyebaran melalui jaringan otak (Astuti, 2019; Liu et al., 2014). Pada dunia radiologi, sering disebut sebagai benjolan atau *Space Occupying Lesion* (SOL) (Astuti, 2019). Pertumbuhan tumor otak biasanya ditandai oleh pertumbuhan massa padat tidak terkendali yang dibentuk oleh sel-sel yang tidak dikehendaki. Tumor otak diklasifikasikan berdasarkan jenis jaringan yang terlibat di otak, posisi tumor apakah tumor jinak atau tumor ganas, dan pertimbangan lain yang berbeda. Terdapat beberapa jenis tumor otak yaitu *Glioma, Medulloblastoma, Limfoma, Meningioma, Craniopharyngioma, Adenoma hipofisis* (Ro et al., 2013).

Dokter spesialis radiologi saat menginterpretasi citra hasil *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) akan melakukan pengukuran dan kalkulasi tumor menggunakan metode pengukuran *linear measurement* (Currie et al., 2013). Hasil pengukuran dari metode *linear measurement* pada modalitas MRI ini adalah perkiraan ukuran tumor otak secara kasar sehingga tidak mewakili kalkulasi tumor yang sebenarnya dan dapat bervariasi, tergantung pada irisan mana yang dipilih untuk mewakili dimensi tumor terbesar (Madhugiri et al., 2016). Selain itu, dokter membutuhkan ketelitian yang tinggi dan pengalaman lapangan yang cukup agar hasil interpretasi akurat untuk perencanaan penanganan tumor yang bijak (Varijki and Triwijoyo, 2017). Ketelitian yang tinggi dibutuhkan dalam interpretasi citra MRI, dikarenakan struktur otak yang kompleks menjadikan kesulitan tersendiri dalam identifikasi tumor otak (Murinto and Fitria, 2011) sehingga masih ditemukan kesalahan diagnosa baik ukuran maupun letak tumor (Khan and Bhatia, 2017; Mbuyamba et al., 2016). Penelitian Mbuyamba et al. (2017) menunjukkan bahwa meningkatnya jumlah pasien mempengaruhi beban kerja dokter saat ini sehingga menyebabkan diagnosa manual kurang direkomendasikan (Widodo, 2011). Apabila interpretasi dilakukan secara manual, faktor subjektif dapat mempengaruhi hasil interpretasi (Mbuyamba et al., 2016; Mbuyamba et al., 2017). Sangat dibutuhkan suatu program pengolahan citra digital dengan mesin komputasi yang bisa melakukan interpretasi citra MRI dengan akurat (Roy and Bandyopadhyay, 2012; Widodo, 2011).

Segmentasi tumor dan kalkulasi area tumor otak adalah proses rutin dalam pengobatan klinis serta memberikan informasi yang berguna untuk diagnosis dan perencanaan pengobatan tumor otak (Kumar and Sridevi, 2019). Proses segmentasi dalam mendiagnosa tumor otak memiliki fungsi penting, dikarenakan segmentasi adalah suatu filter yang digunakan untuk

memisahkan daerah tumor dan yang bukan tumor dalam suatu citra hasil MRI (Basyid and Adi, 2014; Kabade and Gaikwad, 2013; Roy and Bandyopadhyay, 2012). Terdapat berbagai metode segmentasi, adapun metode segmentasi yang dapat diterapkan berbagai kondisi citra seperti batasan objek yang tidak jelas atau yang terdapat *noise* adalah metode *active contour* (Priyawati et al., 2015). Metode *active contour* juga mampu membagi citra dengan akurat sehingga diagnosa medis menjadi lebih mudah (Khan and Bhatia, 2017). Selanjutnya, metode binerisasi yang dapat diaplikasikan untuk melakukan kalkulasi area tumor otak pada citra MRI akhir hasil segmentasi. Kalkulasi tumor otak kemudian dapat dihitung dengan mengumpulkan semua ukuran irisan yang mengandung area tumor (Abdulbaqi et al., 2016; Bangare et al., 2015).

Studi ini mengusulkan suatu program pengolahan citra untuk melakukan pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode segmentasi *active contour*, yang dapat digunakan oleh dokter spesialis radiologi dalam menghitung kalkulasi tumor otak untuk selanjutnya dilakukan perbandingan hasil pengukuran dengan metode *linear measurement*. Harapan dari hasil studi ini dapat digunakan sebagai alternatif pengukuran dan kalkulasi tumor otak yang akan memudahkan dokter dalam mengevaluasi suatu citra MRI.

MATERIAL DAN METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian quasi eksperimen menggunakan rancangan penelitian *post-test only without control group design* (Sastroasmoro and Ismael, 2011). Penelitian ini dilakukan pada 32 citra MRI dengan kasus tumor otak menggunakan *pulse sequence spin echo* potongan axial dengan pembobotan T1 dan penyuntikan media kontras (Westbrook and Talbot, 2019; Westbrook, 2014). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah ada perbedaan hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode *linear measurement* pada modalitas MRI Siemens 1,5 Tesla dan dengan proses segmentasi metode *active contour* (*post-test*).

HASIL

Graphical User Interface (GUI)

Program aplikasi pengolahan citra digital segmentasi *active contour* dibuat menggunakan *software Matrix Laboratory* (Matlab) versi 2020. Hasil pembuatan program ditampilkan melalui GUI yang dibuat sendiri oleh peneliti seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Adapun fungsi masing-masing jendela kerja GUI dijelaskan pada Tabel 1, fungsi masing-masing tombol GUI pada Tabel 2, dan penjelasan fungsi jendela informasi pada Tabel 3.

Pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode *linear measurement*

Pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode *linear measurement* pada MRI Siemens 1,5 Tesla didapatkan dengan menggunakan Persamaan 1. Persamaan 1 merupakan persamaan *Ellipsoid* untuk menghitung diameter berbasis *Volume* (V), *Dcc*=diameter *cranio-caudal*; *DI*=diameter lateral; *Dap*=diameter *antero-posterior* (Kim and Kim,2012).

$$V = (dcc \times dl \times dap \times \frac{\pi}{6}) \dots\dots\dots (1)$$

Pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode segmentasi *active contour*

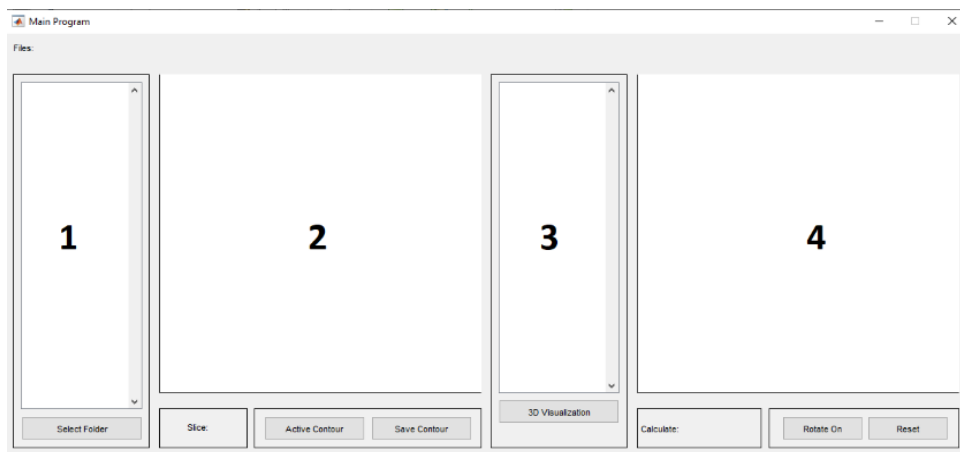
Langkah awal untuk melakukan perhitungan kalkulasi tumor dimulai adalah dengan mengukur area untuk setiap irisan yang mengandung tumor. Didalam area terdapat jumlah piksel yang membentuk objek

tumor yang telah tersegmentasi. Banyaknya piksel yang menyusun area tumor kemudian dikonversi satuannya menjadi mm² menggunakan Persamaan 2, *A'*=target area (cm²); *A*=target area (piksel); *res*=*image spatial resolution* (pixel/cm) (Widodo et al., 2016).

$$A' = \frac{A}{res^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$V = S \times \Sigma A \dots\dots\dots (3)$$

Selanjutnya, setelah didapatkan ukuran setiap irisan mengandung tumor, perhitungan kalkulasi total dilakukan dengan menjumlahkan seluruh area yang mengandung tumor dan mengalikannya dengan *slice thickness* menggunakan Persamaan 3, *V*=target *volume* (cm³); *S*=*slice thickness* (cm) ; *A*=target area (cm²). Tabel 4 merupakan hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak (Widodo et al., 2016).



Gambar 1. Tampilan GUI program segmentasi *active contour*

Tabel 1. Fungsi masing-masing jendela kerja GUI

Jendela	Fungsi
Jendela 1	Menampilkan urutan citra MRI dari folder yang dipilih
Jendela 2	Menampilkan citra MRI yang dipilih dari jendela 1
Jendela 3	Citra MRI yang telah dilakukan <i>active contouring</i> akan ditampilkan pada jendela ini
Jendela 4	Menampilkan citra MRI dalam bentuk 3D beserta plot <i>active contour</i>

Tabel 2. Fungsi tombol atau *push button* pada GUI

Push button	Fungsi
<i>Select folder</i>	Memilih folder citra MRI
<i>Active contour</i>	Melakukan segmentation <i>active contouring</i> pada citra MRI
<i>Save contour</i>	Menyimpan hasil segmentasi
<i>3D visualization</i>	Menampilkan citra MRI dalam bentuk 3D beserta plot warna hasil segmentasi
<i>Rotate on/off</i>	Memutar citra dalam bentuk 3D untuk dapat melihat dari berbagai sudut
<i>Reset</i>	Mengosongkan jendela kerja untuk dapat melakukan evaluasi pada citra MRI lainnya

Tabel 3. Fungsi jendela informasi

Jendela Informasi	Fungsi
<i>Slice</i>	Menampilkan informasi <i>slice</i> atau potongan citra yang dipilih
<i>Calculate</i>	Menampilkan informasi <i>volume</i> tumor dari hasil segmentasi <i>active contour</i> dalam satuan mm ³

Tabel 4. Hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak

Citra tumor otak	Hasil pengukuran (mm ³)	
	Metode <i>linear measurement</i>	Metode segmentasi <i>active contour</i>
Citra 1	55968.55	46056.24
Citra 2	24847.37	16787.53
Citra 3	38830.74	31154.50
Citra 4	184726.30	154780.31
Citra 5	29801.41	22989.77
Citra 6	78437.36	61312.50
Citra 7	28533.58	32585.62
Citra 8	80380.74	60193.13
Citra 9	7891.68	5259.85
Citra 10	16339.74	10091.25
Citra 11	104361.03	85736.25
Citra 12	56237.70	26231.65
Citra 13	14938.28	11927.81
Citra 14	19084.40	11486.31
Citra 15	27216.75	23132.81
Citra 16	19801.60	14762.81
Citra 17	88710.64	60207.18
Citra 18	108737.57	88717.50
Citra 19	92409.88	65117.81
Citra 20	129391.57	104681.25
Citra 21	59351.29	44291.25
Citra 22	39476.24	29045.72
Citra 23	83433.95	51236.38
Citra 24	21330.27	17919.61
Citra 25	42623.69	34787.86
Citra 26	20057.64	13911.91
Citra 27	48360.99	29066.90
Citra 28	29053.49	18631.96
Citra 29	56714.61	40068.90
Citra 30	16149.25	11779.92
Citra 31	10576.09	9784.68
Citra 32	7392.06	3842.22

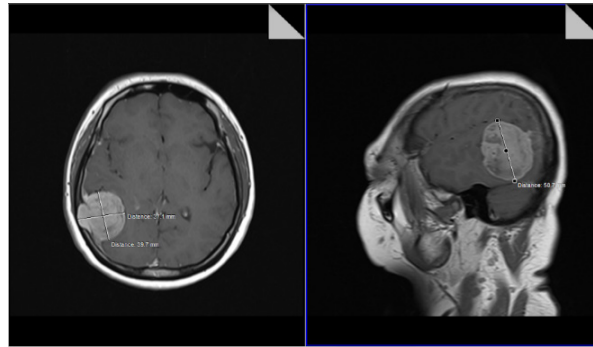
Ada atau tidaknya perbedaan hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak pada kedua metode dilakukan dengan uji *statistic* non-parametrik dengan uji *wilcoxon*. Didapatkan hasil kemaknaan *p-value* 0,00 yang berarti terdapat perbedaan antara hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode *linear measurement* dan metode segmentasi *active contour* dapat dilihat Gambar 2 dan Gambar 3.

Uji diagnostik dilakukan oleh peneliti untuk mengetahui tingkat sensitivitas, spesifisitas pengukuran, dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode segmentasi *active contour* yang telah dirancang

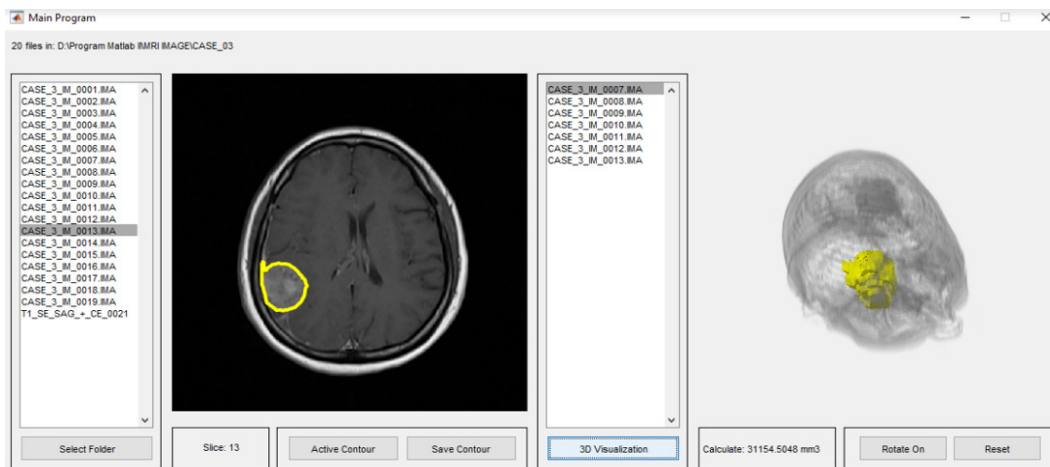
dibandingkan metode *gold* standar dalam modalitas MRI Siemens 1,5 Tesla yakni metode *linear measurement*. Hasil uji diagnostik disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji diagnostik

Segmentasi <i>active contour</i>	<i>Linear measurement</i>		
	Positif	Negatif	Total
Positif	14	2	16
Negatif	2	14	16
Total	16	16	32



Gambar 2. Hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode *linear measurement*



Gambar 3. Hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode segmentasi *active contour*

Peneliti menentukan nilai *Cut-off Point (COP)* menggunakan nilai tengah hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak pada masing-masing metode untuk menentukan nilai positif dan negatif pada tabel 2x2. Apabila hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak \geq nilai tengah 32 citra maka bernilai positif, sedangkan apabila hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak \leq nilai tengah 32 citra maka bernilai negatif.

Didapatkan nilai tengah metode *linear measurement* sebesar 39153,49 dan nilai tengah metode segmentasi *active contour* sebesar 29056,31. Berdasarkan tabel 2x2, hasil nilai a (*true positives*) sebanyak 14 citra, nilai b (*false positives*) sebanyak 2 citra, nilai c (*false negatives*) sebanyak 2 citra, dan nilai d (*true negatives*) sebanyak 14 citra sehingga dapat dilakukan perhitungan sensitifitas dan spesifisitas Persamaan 4 dan 5.

$$\text{Sensitivitas} : \frac{a}{(a+c)} \times 100\% = \frac{14}{16} \times 100 = 87,5\% \dots(4)$$

$$\text{Spesifisitas} : \frac{d}{(b+d)} \times 100\% = \frac{14}{16} \times 100 = 87,5\% \dots(5)$$

PEMBAHASAN

Data hasil uji statistik non-parametrik *wilcoxon* menyatakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak pada kedua metode dengan nilai kemaknaan $p\text{-value} < 0,05$. Perbedaan hasil pada kedua metode ini dikarenakan proses pengukuran dan kalkulasi memang berbeda.

Metode *linear measurement* pengukuran dan kalkulasi dilakukan hanya pada satu *slice*, menurut dokter spesialis radiologi mengandung informasi tumor terbesar. Sedangkan pada metode segmentasi *active contour* pengukuran tidak dilakukan hanya pada satu *slice*, melainkan keseluruhan *slice* dari satu pemeriksaan pasien MRI yang mengandung tumor.

Pengukuran dan kalkulasi tumor otak dengan menggunakan metode *linear measurement* dilakukan pada satu *slice* axial untuk mendapatkan ukuran p x l atau Dcc, Dap, dan juga satu *slice* sagital untuk mendapatkan ukuran "t" atau DI (Madhugiri, et al., 2016; R and K, 2013). Selanjutnya untuk mengetahui kalkulasi total tumor otak maka dokter spesialis radiologi akan mengalikan hasil pengukuran yang sudah didapat dengan nilai $\pi/6$ atau 0,52 yang merupakan Persamaan *Ellipsoid* seperti pada Persamaan 1 untuk menghitung diameter berbasis *volume* (Kim and Kim,2012).

Metode segmentasi *active contour* dimulai dengan akuisisi citra MRI membaca informasi resolusi spasial dan *slice thickness*. Resolusi spasial dibutuhkan untuk perhitungan luas tumor, *slice thickness* dibutuhkan untuk perhitungan kalkulasi dan juga *volume* tumor. Selanjutnya, melakukan segmentasi *active contour* terhadap region tumor dan melakukan perhitungan luas tumor (dalam satu *slice*) yang dilakukan dengan cara menghitung jumlah *pixel* menyusun objek (tumor) pada citra biner hasil segmentasi. Dilanjutkan dengan melakukan penjumlahan seluruh luas dari masing-masing *slice* tumor untuk mendapatkan luas total tumor. Luas total tumor dalam seluruh *slice* dengan

satuan piksel kemudian dikonversi satuannya menjadi mm^2 dengan cara membagi luas total dengan kuadrat resolusi spasial. Selanjutnya, untuk mengetahui kalkulasi tumor dilakukan konversi satuan dari hasil luas total yang diperoleh dikalikan dengan *slice thickness* sehingga diperoleh kalkulasi *volume* tumor dalam satuan mm^3 . Langkah terakhir yakni dengan memvisualisasikan hasil segmentasi metode *active contour* ke dalam bentuk 3D.

Didapatkan hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode *linear measurement* lebih besar dibandingkan dengan metode segmentasi *active contour*. Hal ini dikarenakan ukuran "t" atau DI yang berbeda. Pada metode *linear measurement* ukuran "t" didapatkan pada hasil pengukuran *slice* sagital terbesar, sedangkan ukuran "t" pada metode *active contour* merupakan hasil kali total tumor yang sudah didapatkan dengan *slice thickness* (5 mm) Widodo et al. (2016) sehingga didapatkan hasil walaupun lebih banyak *slice* yang diukur dan dikalkulasikan hasil pengukuran dan kalkulasi metode segmentasi *active contour* lebih kecil dibandingkan hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak yang diukur menggunakan metode *linear measurement*.

Pada uji diagnostik digunakan hasil pemeriksaan dengan *gold standard* sebagai nilai rujukan, untuk mengetahui pasien menderita suatu penyakit atau tidak. *Gold standard test* adalah tes terbaik yang tersedia dan diterima secara luas (Siswosudarmo, 2017). Pada penelitian ini, digunakan metode *linear measurement* yang tersedia dalam modalitas MRI Siemens 1,5 Tesla sebagai *gold standar* dalam melakukan pengukuran dan kalkulasi tumor otak. Uji diagnostik biasanya dilakukan untuk mengelompokkan individu pada kategori positif dan negatif suatu *diagnose*. Namun, pada penelitian ini peneliti menggunakan sampel yang keseluruhan sudah positif diagnosa yakni tumor otak sehingga peneliti membuat COP tersendiri yang dapat digunakan untuk menentukan sampel masuk ke dalam kategori positif atau negatif. Hal ini sesuai dengan penelitian Susilo et al. (2012) bahwa nilai COP yang sudah ditentukan oleh peneliti. COP harus dipilih untuk mencapai sensitivitas dan spesifisitas yang optimal (Jiang and Metz, 2001).

Efektifitas penggunaan metode segmentasi *active contour* dalam melakukan pengukuran dan kalkulasi tumor otak dibandingkan dengan metode *linear measurement* sebesar 87,5%, yang artinya metode segmentasi *active contour* memiliki nilai sensitivitas dan spesifisitas sebesar 87,5% dalam melakukan pengukuran dan kalkulasi tumor otak. Hasil nilai sensitivitas dan spesifisitas yang cukup tinggi ini sejalan dengan penelitian Susilo et al. (2011) sebagai alternatif suatu pemeriksaan program pengolahan citra digital harus mempunyai nilai sensitivitas dan spesifisitas tinggi.

Kelemahan pada penelitian ini adalah pengukuran *volume* dan kalkulasi tumor otak masih diukur menggunakan *image* pada akuisisi data 2D dengan *slice thickness* 5 mm, sehingga didapatkan *slice gap* yang masih lebar. *Slice gap* adalah suatu jarak antar

irisasi dalam suatu potongan citra (Westbrook, 2014). *Slice thickness* dan *slice gap* dapat dikurangi dalam upaya untuk mengurangi efek *volume* parsial dan untuk meningkatkan resolusi (Madhugiri et al., 2016). Pengukuran *volume* suatu tumor lebih akurat apabila menggunakan akuisisi data 3D dengan *slice thickness* setipis mungkin sehingga akan didapatkan minimum *slice gap*. Pada gambaran 3D *slice gap* sekecil mungkin dan digantikan dengan *slice slab* untuk membentuk gambaran 3D suatu organ, sehingga diharapkan penelitian selanjutnya dapat mengembangkan aplikasi matlab yang sudah dibuat untuk dibandingkan dengan hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak pada akuisisi data 3D *image magnetic resonance imaging*.

KESIMPULAN

Adanya perbedaan signifikan hasil pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode *linear measurement* dan dengan metode segmentasi *active contour* dengan nilai kemaknaan *p-value* sebesar 0,000. Perbedaan terletak pada jumlah *slice* yang diukur dan juga nilai "t" atau DI yang digunakan. Didapatkan juga efektifitas pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan metode segmentasi *active contour* adalah sebesar 87,5 % yang ditunjukkan dengan nilai sensitivitas dan spesifisitas. *Software* berbasis Matlab dapat digunakan dokter spesialis radiologi sebagai alternatif dalam praktek sehari-hari untuk mendukung interpretasi citra MRI dalam melakukan pengukuran dan kalkulasi kasus tumor otak. Penelitian selanjutnya, dapat dilakukan perbandingan pengukuran dan kalkulasi tumor otak menggunakan akuisisi data 3D sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat dan juga dapat dilakukan perbandingan langsung dengan hasil *volume* tumor pasien yang telah dilakukan tindakan *surgery*, sehingga dapat diperoleh nilai efektifitas yang lebih baik terkait total *volume* tumor otak dan yang sesungguhnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada teman-teman radiografer dan juga dokter spesialis radiologi. Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak-pihak yang terkait dalam *research report* ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulbaqi, H.S., Jafri, M.Z.M., Mutter, K.N., Omar, A.F., 2016. Segmentation and Estimation of Brain Tumor Volume in Magnetic Resonance Images based on T2-Weighted using Hidden Markov Random Field Algorithm. *J. Telecommun. Electron. Comput. Eng.* Vol. 8(3), Pp. 9-13.

- Adriyanto, O., Agung, H., 2018. Deteksi Tepi untuk Indikasi Tumor Otak Menggunakan Metode Sobel dan Morphological Operations Berdasarkan Citra Magnetic Resonance Imaging. *Comput. Eng. Sci. Syst. J. Vol. 3(2)*, Pp. 179-185.
- Astuti, L.W., 2019. Ekstraksi Fitur Citra MRI Otak Menggunakan Data Wavelet Transform (DWT) untuk Klasifikasi Penyakit Tumor Otak. *J. Ilm. Inform. Glob. Vol. 10(2)*, Pp. 80-86.
- Bangare, S.L., Patil, M., Bangare, P.S.T., Patil, S., 2015. Implementing Tumor Detection and Area Calculation in MRI Image of Human Brain using Image Processing Techniques. *Int. J. Eng. Res. Appl. Vol. 5(4)*, Pp. 60-65.
- Basyid, F., Adi, K., 2014. Segmentasi Citra Medis untuk Pengenalan Objek Kanker Menggunakan Metode Active Contour. *Youngster Phys. J. Vol. 3(3)*, Pp. 209-216.
- Currie, S., Hoggard, N., Craven, I.J., Hadjivassiliou, M., Wilkinson, I.D., 2013. Understanding MRI : Basic MR Physics for Physicians. *Postgraduated Med. J. Vol. 89(1050)*, Pp. 209-223.
- Jiang, Y., Metz, C.E., 2001. Optimal Method for Combining Two Correlated Diagnostic Assessments with Application to Computer-Aided Diagnosis. In: *Medical Imaging (Ed.)*, Proceedings Image Perception and Performance. Medical Imaging, United States.
- Kabade, R.S., Gaikwad, M.S., 2013. Segmentation of Brain Tumour and Its Area Calculation in Brain MR Images using K-mean Clustering and Fuzzy C-Mean Algorithm. *Int. J. Comput. Sci. Eng. Technol. Vol. 4(5)*, 524-531.
- Khan, Y., Bhatia, A., 2017. Contour Based Segmentation for Brain Tumor Segmentation in MRI. *IJARECE . Vol. 6(11)*, Pp. 1165-1171.
- Kim, H.J., Kim, W., 2012. Method of Tumor Volume Evaluation using Magnetic Resonance Imaging for Outcome Prediction in Cervical Cancer Treated With Concurrent Chemotherapy and Radiotherapy. *Radiat. Oncol. J. Vol. 30(2)*, Pp. 70-77.
- Kumar, G.A., Sridevi, P. V., 2019. Active Contour Model for Brain MR Tumor Segmentation and Volume Estimat. *Int. J. Eng. Adv. Technol. Vol. 9(1)*, Pp. 7226-7231.
- Liu, J., Li, M., Wang, J., Wu, F., Liu, T., Pan, Y., 2014. A Survey of MRI-Based Brain Tumor Segmentation Methods. *Tsinghua Sci. Technol. Vol. 19(6)*, Pp. 578-595.
- Madhugiri, S.A.S.V.S., Sasidharan, G.M., Kumar, R.V.R., 2016. Measuring Glioma Volumes: A Comparison of Linear Measurement Based Formulae with The Manual Image Segmentation Technique. *J. Cancer Res. Ther. Vol. 12(1)*, Pp. 161-168.
- Mbuyamba, E.I., Avina-Cervantes, J.G., Garcia-Perez, A., Romero-Troncoso, R.D.J., 2017. Accepted Manuscript Localized Active Contour Model with Background Intensity Compensation Applied on Automatic MR Brain Tumor Segmentation. *Neurocomputing Vol. 220*, Pp. 84-97.
- Mbuyamba, E.I., Cruz-Duarte, J.M., Avina-Cervantes, J.G., Correa-Cely, C.R., 2016. Active Contours Driven by Cuckoo Search Strategy for Brain Tumour Images Segmentation. *Expert Syst. Appl. Vol. 56(1)*, Pp. 59-68.
- Murinto, M., Fitria, R., 2011. Segmentasi Citra Medis MRI (Magnetic Resonance Imaging) menggunakan Segmentasi Citra Medik MRI (Magnetic Resonance Imaging) Menggunakan Metode. In: *UAD Yogyakarta (Ed.)*, Conference: Seminar Nasional Teknik Informatika (STI). UAD Yogyakarta, Yogyakarta, Pp. 1-6.
- Priyawati, D., Soesanti, I., Hidayah, I., 2015. Kajian Pustaka Metode Segmentasi Citra pada MRI Tumor Otak. *Prosding Semin. Nas. Sains dan Teknol. Fak. Tek. Univ. Wahid Hasyim Vol. 1(1)*, Pp. 207-215.
- R, S.H., K, C., 2013. Tumor Volume Calculation of Brain from MRI Slices. *Int. J. Comput. Sci. Eng. Technol. Vol. 4(8)*, Pp. 1126-1132.
- Ro, S., Nag, S., Maitra, I.K., Bandyopadhyay, S.K., 2013. A Review on Automated Brain Tumor Detection and Segmentation from MRI of Brain. *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Softw. Eng. Vol. 3(6)*, Pp. 1706-1746.
- Roy, S., Bandyopadhyay, S., 2012. Detection and Quantification of Brain Tumor from MRI of Brain and it's Symmetric Analysis. *Int. J. Inf. Commun. Technol. Res. Vol. 2(6)*, Pp. 477-483.
- Sastroasmoro, S., Ismael, S., 2011. Perkiraan Besar Sampel dalam Penelitian Klinis. In: *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian*. Sagung Seto, Jakarta, Pp. 348.
- Siswosudarmo, R., 2017. Tes Diagnostik (Diagnostic Test). Yogyakarta.
- Susilo, S., Nagoro, M.T., Kusminarto, K., Budi, W.S., 2011. Uji Diagnostik Pemeriksaan Osteosklerotik Tulang dengan Sistem Radiografi Digital. *Media Med. Indones. Vol. 45(3)*, Pp. 188-193.
- Varijki, E., Triwijoyo, B.K., 2017. Segmentasi Citra Mri Menggunakan Deteksi Tepi Untuk Identifikasi Kanker Payudara. *Matrik J. Manaj. Tek. Inform. dan Rekayasa Komput. Vol. 15(2)*, Pp. 17-24.
- Westbrook, C., 2014. *Handbook of MRI Technique*, 2 nd. ed. John Wiley and Sons.
- Westbrook, C., Talbot, J., 2019. *MRI In Pratice*, 5 th. ed. Wiley-Blackwell, United Kingdom.
- Widodo, C.E., Adi, K., Sugiharto, A., S., Q.M.B., Pamungkas, A., 2016. Volume Target Delineation for Brain Tumor in MRI Images using Active Contour Segmentation Method. *Int. J. Appl. Eng. Res. Vol. 11(16)*, Pp. 9031-9036.
- Widodo, S., 2011. Segmentasi Otomatis untuk Visualisasi 3D Organ Paru pada Citra Computer Tomography menggunakan Active Countour. *DUTA.com J. Ilm. Teknol. Inf. da Komun. Vol. 1(2)*, Pp. 26-40.