



Lokal *Fuzzy Thresholding* Berdasarkan Pengukuran *Fuzzy Similarity* Pada Interaktif Segmentasi Citra Panoramik Gigi

Wawan Gunawan¹ dan Agus Zainal Arifin²

Jurusan Teknik Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Teknik Kimia, Gedung Teknik Informatika, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya
Email korespondensi : gunawanwawan15@gmail.com

Dikirim 13 Januari 2017, Direvisi 21 Januari 2017, Diterima 21 Januari 2017

Abstrak – Dalam segmentasi citra, *thresholding* merupakan salah metode yang mudah dan sederhana untuk diimplementasikan. Pada citra panoramik gigi, penentuan *global threshold* masih kurang begitu optimal untuk diimplementasikan, hal tersebut dikarenakan adanya faktor penghambat seperti pencahayaan yang tidak merata dan citra yang kabur. Faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan histogram tidak bisa dipartisi dengan baik, sehingga akan berpengaruh pada hasil segmentasi. Pada penelitian ini diusulkan *local fuzzy thresholding* berdasarkan pengukuran *fuzzy similarity* pada interaktif segmentasi citra panoramik gigi. Metode yang diusulkan terdiri dari tiga tahapan utama, tahap pertama adalah *region splitting* untuk mendapatkan lokal region. Tahap kedua adalah *user marking* untuk mendapat *initial seed background* dan objek, tahap terakhir adalah pengukuran *fuzzy similarity* pada setiap lokal region untuk mendapatkan nilai lokal *threshold*. Hasil uji coba pada citra panoramik gigi, metode yang diusulkan berhasil melakukan segmentasi dengan rata-rata *misclassification error* (ME) 5.47%.

Kata kunci - interaktif segmentasi citra, citra panoramik gigi, lokal thresholding, pengukuran fuzzy similarity

Abstract - In image segmentation, thresholding is one of the method that is easy and simple to be implemented. In the dental panoramic image, determination of global threshold is still less optimal to be implemented. This is due to inhibiting factors such as uneven contrast and blurred images. These factors can lead to the problem in partitioning histogram, that would-be effect in the segmentation result. In this study, we proposed local fuzzy thresholding based on fuzzy similarity measurement in interactive image segmentation for dental panoramic image. The proposed method consists of three main stages. The first stage is region splitting. This stage is performed to get the local regions. The second stage is the user marking that used to receive initial seed background and object. The last stage is a fuzzy similarity measurement at each local region to get the local threshold value. The results on dental panoramic image show that the proposed method successfully segmenting the images with an average misclassification error (ME) 5.47%.

Keywords - interactive image segmentation, dental panoramic image, local thresholding, fuzzy similarity measurement

I. PENDAHULUAN

Pada bagian tubuh manusia, bagian yang paling kuat dan tahan lama dibandingkan dengan bagian tubuh lainnya adalah gigi. Citra panoramik gigi dapat membantu dokter dalam mendiagnosis suatu penyakit yang terdapat pada gigi melalui permukaan *mineralized tissues* dan *cortical bone* yang dapat diperhatikan secara visual [1]. Namun, pemeriksaan manusia pada citra *radiographs* tersebut cenderung subjektif atau tidak konsisten. Pengolahan citra medis khususnya pada citra panoramik gigi menjadi alat penting bagi para peneliti dalam kedokteran klinis dan dokter gigi. Segmentasi citra panoramik gigi penting

dilakukan dalam diagnosis awal dan selama proses deteksi. Proses deteksi sendiri berkontribusi dalam membuat diagnosis yang tepat untuk kedokteran klinis ataupun dokter gigi [2].

Segmentasi merupakan proses dasar dalam pengolahan citra. Secara khusus, segmentasi merupakan proses penting untuk banyak aplikasi seperti *object recognition*, *target tracking*, *content-based image retrieval* [3] dan *medical image processing*. Secara umum, tujuan dari segmentasi adalah membagi citra menjadi *region* yang memiliki fitur homogen atau memiliki karakteristik yang sama misalnya kontur, warna dan kontras [4][5]. Beberapa

metode segmentasi citra telah dikembangkan, yang secara umum dibagi menjadi tiga kategori, yaitu otomatis, semi-otomatis, dan manual [6]. Segmentasi citra otomatis menggunakan fitur warna, tekstur, atau bentuk dari citra yang ditambahkan dengan parameter tertentu dalam proses segmentasi. Metode segmentasi citra otomatis dapat dikategorikan ke dalam beberapa kelompok, yaitu berbasis *histogram*, berbasis tepi, berbasis wilayah (*cluster*), dan teknik *hybrid* [7]. Namun, proses optimasi perlu dilakukan untuk mendapatkan parameter optimal yang sangat berpengaruh pada akurasi hasil segmentasi [8].

Telah dikembangkan beberapa metode segmentasi semi otomatis dimana pengguna memberikan tambahan informasi untuk membantu *system* dalam melakukan proses segmentasi. Dalam segmentasi citra semi-otomatis, pengguna dapat berinteraksi dengan memberikan inputan (*user marking*) yang membantu sistem dalam penentuan daerah objek dan *background* citra. Beberapa penelitian terkait segmentasi semi otomatis diusulkan oleh [9]-[13].

Metode segmentasi otomatis memiliki kelemahan apabila *region* objek dan *background* dari citra tidak memiliki garis pemisah yang jelas sehingga menyebabkan perbedaan persepsi antara hasil segmentasi metode dengan keinginan pengguna. Metode segmentasi semi otomatis dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut di mana pengguna memberikan tambahan informasi untuk membantu *system* dalam melakukan proses segmentasi [14]. Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini menggunakan pendekatan segmentasi semi otomatis atau sering disebut juga interaktif segmentasi citra.

Dalam segmentasi citra, *thresholding* merupakan salah satu metode yang mudah dan sederhana untuk diimplementasikan [15]. *Thresholding* merupakan metode yang efektif pada citra menunjukkan pemisah yang jelas antara dua *cluster* pada *histogram* sehingga proses pemisahan objek dan *background* mudah dilakukan. Metode *thresholding* yang cukup populer sejak tahun 1970 adalah *otsu thresholding* [16]. Implementasi dasar dari metode *thresholding* adalah mencari *global threshold* dalam mengoptimasi pemisahan daerah objek dan *background*.

Penerapan teori *fuzzy* pada pendekatan *histogram thresholding* diusulkan tobias and seara [17], pada metode yang diusulkan *fuzzy set* dihitung untuk mengukur *similarity* antar *gray level* menggunakan *index of fuzziness* terbesar dari beberapa *gray level* diantara inisial *seed background* dan inisial *seed* objek. Namun pada metode ini penentuan inisial *seed background* dan objek dilakukan secara manual sehingga bersipat subjektif. Untuk mengatasi permasalahan tersebut Lopes [18] mengusulkan penentuan inisial *seed background* dan objek dilakukan secara otomatis dengan mencari *gray level* minimal diantara dua inisial *region*. Selanjutnya

menggunakan pengukuran *fuzzy similarity* dilakukan untuk mencari nilai *threshold* berdasarkan *index of fuzziness* terbesar pada *fuzzy region*. Pada citra panoramik gigi, penentuan *global threshold* masih kurang begitu optimal untuk diimplementasikan. Hal tersebut dikarenakan adanya faktor penghambat seperti pencahayaan yang tidak merata dan citra yang kabur. Faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan *histogram* tidak bisa dipartisi dengan baik, sehingga akan berpengaruh pada hasil segmentasi.

Oleh karena itu, pada penelitian ini diusulkan lokal *fuzzy thresholding* berdasarkan pengukuran *fuzzy similarity* pada interaktif segmentasi citra panoramik gigi. Metode yang diusulkan terdiri dari 3 tahapan utama, tahapan pertama *region splitting* untuk mendapatkan lokal *region*, tahap kedua adalah *user marking* untuk mendapatkan inisial *seed background* dan objek, tahap ketiga adalah pengukuran *fuzzy similarity* pada setiap lokal *region* untuk mendapatkan nilai *threshold* pada setiap lokal *region*.

II. METODE PENELITIAN

A. Region Splitting

Region splitting menggunakan algoritma *mean-shift* [19] digunakan untuk mendapatkan lokal *region* pada citra, yang kemudian dibagi menjadi beberapa *region* kecil sesuai dengan tingkat *density*-nya. Dasar dari algoritma ini adalah ide perulangan pergeseran *window* berukuran tertentu yang dihitung berdasarkan nilai *mean/rata-rata density* warna pada citra. Citra dibagi ke dalam beberapa *region* berdasarkan *probability density functions gradient* pada citra. Algoritma *mean-shift* merupakan nonparametric *clustering* yang tidak memerlukan pengetahuan sebelumnya untuk jumlah *cluster*, dan juga tidak membatasi bentuk *cluster*. *Density* merepresentasikan distribusi data berdasarkan kriteria tertentu, dengan berbagai mode yang dapat dibentuk. Hasil dari algoritma *mean-shift* adalah mencari mode yang optimal dari sekumpulan *density*, berdasarkan fungsi kerapatan (*density function*) dalam ruang dimensi (R^d).

B. User Marking

Dalam interaktif segmentasi citra *user* memberikan interaksi terhadap citra berupa *marker*. Selanjutnya setiap *region* yang telah ditandai dilakukan proses ekstraksi untuk mengetahui karakteristik dari *region* tersebut. Pendekatan interaktif segmentasi sangat sensitif terhadap kualitas input dalam penentuan *region marker* dan jumlah *marker* [20]. Setiap algoritma mempunyai cara yang berbeda dalam tahapan *user marking* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

C. Fuzzy Set

Logika *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh, seorang peneliti dari Universitas California [21] memperkenalkan teori himpunan *fuzzy*

dan fuzzy logic sebagai sebuah cara untuk mengatasi masalah ketidaktepatan dan ketidakpastian. Setiap anggota dalam fuzzy set memiliki derajat nilai keanggotaan yang menentukan potensi anggota tersebut dapat masuk ke dalam suatu fuzzy set. Fuzzy set adalah pengembangan dari logika klasik yang memodelkan segala hal dengan istilah boolean (ya dan tidak, 0 dan 1). Untuk himpunan semesta U , u adalah anggota dari U maka fuzzy set A dapat didefinisikan sebagai berikut dengan persamaan (1).

$$A = \{(u, \mu_A(u)) | u \in U\}, \tag{1}$$

μ_A adalah fungsi keanggotaan fuzzy set A , dimana $\mu_A : U \rightarrow [0,1]$ dan $\mu_A(u)$ adalah derajat keanggotaan u pada fuzzy set A .



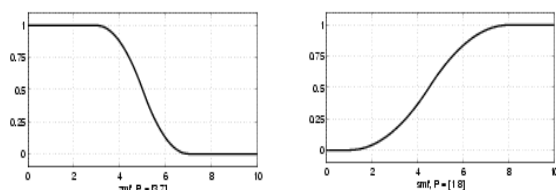
Gambar 1. Proses User Marking (a) MSR[10], (b) Graph Cut [22]

Pada penelitian ini fungsi keanggotaan subset objek dan background direpresentasikan menggunakan fungsi s-function dan z-function. Fungsi keanggotaan ini dibentuk berdasarkan kurva polinomial dan dibentuk menyerupai huruf Z dan huruf S yang didefinisikan dengan persamaan (2) dan (3). Setiap gray level pada histogram mempunyai 2 fungsi keanggotaan yaitu fungsi keanggotaan objek terhadap background dan fungsi keanggotaan background terhadap objek.

$$\mu_{A_S}(x) = S(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ 2\left\{\frac{x-a}{c-a}\right\}^2, & a \leq x \leq b \\ 1 - 2\left\{\frac{x-c}{c-a}\right\}^2, & b < x \leq c \\ 1, & x > c \end{cases} \tag{2}$$

$$\mu_{A_Z}(x) = Z(x; a, b, c) = 1 - S(x; a, b, c), \tag{3}$$

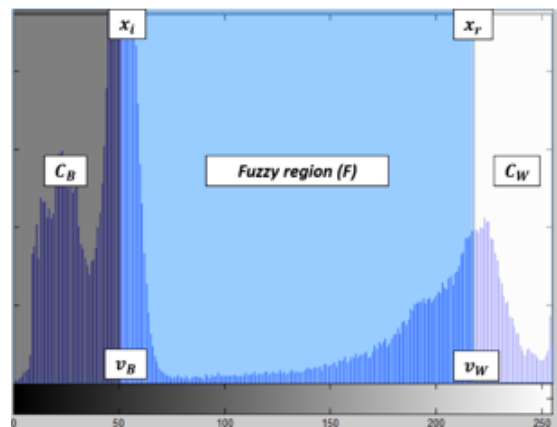
Fungsi keanggotaan Z dan S ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Z dan S

D. Pengukuran fuzzy Similarity

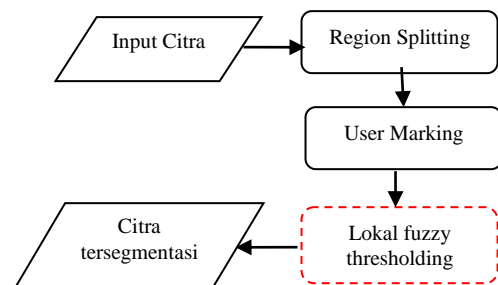
Pratamasunu [23] mengusulkan metode image thresholding dengan penentuan threshold berdasarkan similarity antar gray level menggunakan fuzzy similarity measure dengan mempertimbangkan fungsi keanggotaan fuzzy set dan bentuk histogram. Pada penelitian ini, penentuan fuzzy region dilakukan secara otomatis berdasarkan index of fuzziness terbesar pada setiap gray level [24]. Kemudian histogram dibagi menjadi region objek, region background dan fuzzy region, seperti diilustrasikan pada Gambar 3. Setiap anggota gray level pada fuzzy region dihitung menggunakan pengukuran fuzzy similarity terhadap inisial seed objek C_0 dan inisial seed background C_B untuk mencari optimal threshold (t) pada fuzzy region menggunakan pengukuran fuzzy similarity.



Gambar 3. Inisialisasi Fuzzy Region

E. Metode yang Diusulkan

Metode dalam tahapan penelitian ini terdiri dari 3 tahapan utama yaitu: region splitting, user marking, dan lokal fuzzy thresholding yang merupakan kontribusi pada penelitian ini (garis putus putus berwarna merah) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



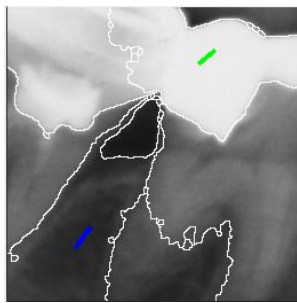
Gambar 4. Tahapan Metode Yang Diusulkan

F. Input citra

Input citra pada penelitian ini adalah citra panoramik gigi yang diperoleh dari Rumah sakit Universitas Airlangga dengan kisaran umur pasien 49 sampai 82 tahun. keseluruhan citra uji merupakan citra grayscale dengan ukuran 256 x 256 pixel.

G. Region Splitting

Region splitting bertujuan untuk mendapat inisial segmentasi (lokal *region*) dengan membagi citra ke dalam beberapa *region* yang memiliki karakteristik sama. Citra (I) di *split* ke dalam r *region*, $I = [1, 2, \dots, r]$. Dalam penelitian ini, *region splitting* menggunakan *mean-shift* segmentasi software yang dibuat oleh *Edison System*. Dari beberapa metode untuk mendapat lokal *region*, *mean shift* menghasilkan hasil segmentasi yang lebih baik karena mempertimbangkan informasi spasial citra yaitu sudut pada objek citra [10]. Hasil *region splitting* akan sangat berpengaruh pada proses selanjutnya karena menunjukkan informasi pada fitur *region* dan luas area *pixel* pada *region*. Pada Gambar 5 menunjukkan hasil *region splitting* menggunakan algoritma *mean shift*.



Gambar 5. Hasil *Region Splitting* dan Proses *User Marking*

H. User Marking

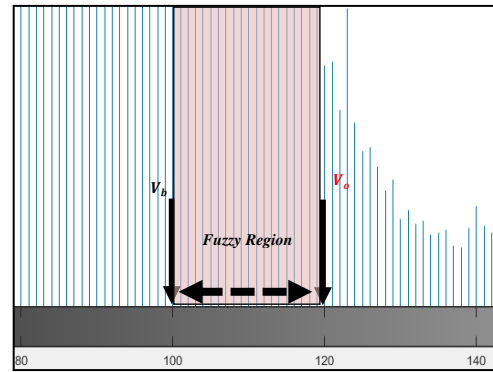
Pada interaktif segmentasi, pengguna harus memberikan tambahan informasi untuk membantu *system* dalam proses segmentasi. Pada penelitian ini *user marking* digunakan sebagai cara penambahan informasi dalam penentuan inisial *seed background* dan objek berdasarkan *gray level histogram*. Pada Gambar 5 menunjukkan proses *marker region*, warna hijau menandakan daerah lokal *region* objek dan biru untuk *background* yang digunakan sebagai parameter inisial *seed* untuk menentukan *fuzzy region*. Lokal *region* yang telah ditandai sebagai objek atau *background*, akan dibentuk *histogram* untuk mencari *cluster region background* C_B dan *cluster region* objek C_O . Inisial *seed* V_B didapat dengan mencari *gray level* paling besar pada C_B dan inisial *seed* V_O didapat dari *gray level* paling kecil dari C_O . Parameter nilai V_b mempunyai kondisi selalu lebih kecil daripada nilai V_o , maka pencarian nilai V_b dan V_o dapat dihitung menggunakan persamaan (4-6).

$$V_B = \max(g; C_B) \quad (4)$$

$$V_O = \min(g; C_O) \quad (5)$$

$$f(x) = \begin{cases} V_B = V_O; V_O = V_B, V_B > V_O \\ V_B = V_B; V_O = V_O, \text{ otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

Pada Gambar 6 ditunjukkan ilustrasi daerah *fuzzy region* dimana *fuzzy region* selalu berada di antara nilai V_b dan V_o pada *histogram*.



Gambar 6. Inisialisasi *Fuzzy Region*

Langkah selanjutnya menghitung fungsi keanggotaan pada setiap *gray level* yang dikontrol berdasarkan titik $V_C = 127$ menggunakan fungsi *S-function* dan *Z-function*. Penentuan fungsi keanggotaan tersebut menggunakan perhitungan *S-function* untuk μ_B fungsi keanggotaan *background* dan perhitungan *Z-function* untuk μ_o fungsi keanggotaan objek menggunakan persamaan (7) dan (8). Penggunaan *S-function* dan *Z-function* didasarkan karena fungsi tersebut mempertimbangkan fungsi keanggotaan *background* terhadap objek dan juga objek terhadap *background* yang saling bertolak belakang.

$$\mu_B(g) = Z(g; v_B, v_C, v_O) \quad (7)$$

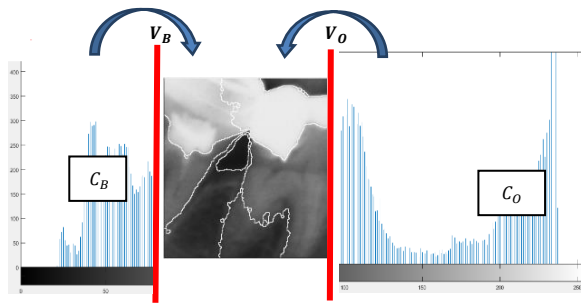
$$\mu_o(g) = S(g; v_B, v_C, v_O) \quad (8)$$

I. Lokal Fuzzy Thresholding

Setelah *fuzzy region* ditemukan untuk setiap lokal *region*, langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran *fuzzy similarity* untuk setiap lokal *fuzzy region* $f_{i=i, \dots, \epsilon} F$ terhadap C_B dan C_O . Pengukuran yang dilakukan adalah ukuran similaritas antar *gray level* yaitu *fuzzy similarity* yang terinspirasi berdasarkan perhitungan *variance*. Pengukuran *fuzzy similarity* dihitung berdasarkan similaritas antar *gray level* dengan memperhitungkan intensitas *gray level*, fungsi keanggotaan dan selisih fungsi keanggotaan dengan *ordinal* setnya. Pada Gambar 7 ditunjukkan ilustrasi pengukuran *fuzzy similarity* (δ) yang diusulkan dengan menghitung *similarity* informasi *global* C_B dan C_O pada *histogram* terhadap informasi lokal *fuzzy region* f_i . Dimana nilai *similarity* δ untuk set $(C_x \cup \{f_{ij}\})$, inisial *seed* suatu daerah C_x , anggota ke- j *gray level* pada *fuzzy region* f_i , intensitas *gray level* $h(z)$ dapat dihitung menggunakan persamaan (9).

$$(C_x \cup \{f_{ij}\}) = \frac{\sum_{z=1}^n (z - P(C_x \cup \{f_{ij}\}))^2}{\sum_{z=1}^n h(z)} \quad (9)$$

$$P(A) = \sum_{z=1}^n h(z) \times z \times |(\mu_A(z) - \mu'_A(z))| \quad (10)$$



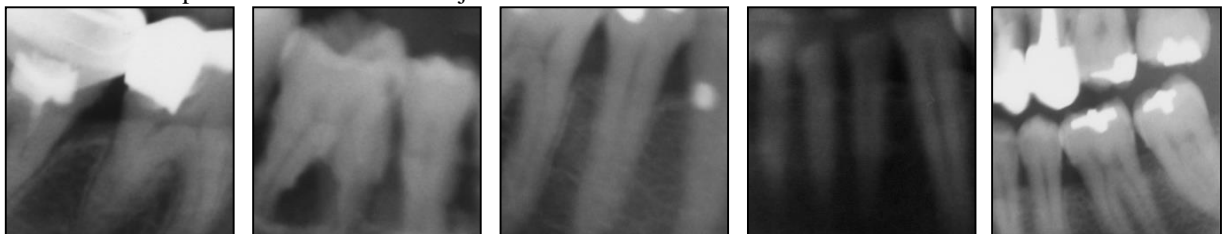
Gambar 7. Pengukuran Fuzzy Similarity Pada Setiap Lokal Region

Fuzzy mean value $P(A)$ merupakan daerah gabungan A dengan memperhitungkan intensitas gray level $h(z)$, fungsi keanggotaan $\mu_A(z)$, dan selisih fungsi keanggotaan dengan komplementnya $|\mu_A(z) - \mu'_A(z)|$ dihitung menggunakan persamaan (10). Berdasarkan hasil pengukuran fuzzy similarity untuk setiap lokal region f_{ij} dapat di threshold berdasarkan nilai similarity j terbesar pada setiap lokal fuzzy region. Penentuan nilai similarity t pada pengukuran δ_{it} dapat dihitung menggunakan persamaan (11) dengan mencari indeks terbesar pada fuzzy region.

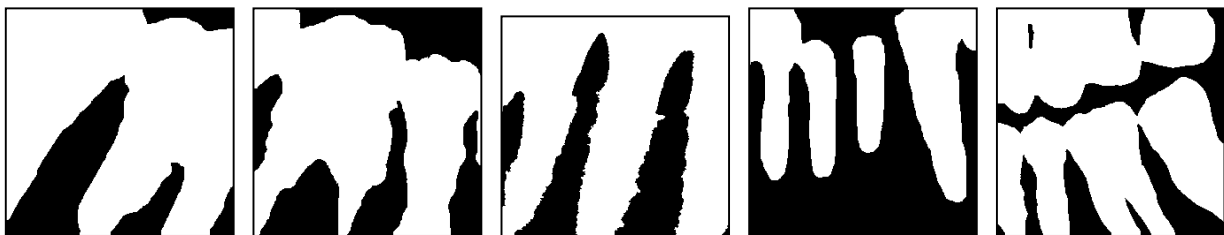
$$\delta_{it} = \operatorname{argmax}(\delta(C_B \cup \{f_{ij}\}) * \delta(C_o \cup \{f_{ij}\})) \quad (11)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kontribusi pada penelitian ini fokus pada proses pengukuran fuzzy similarity dalam pencarian lokal threshold pada citra sehingga menghasilkan citra tersegmentasi. Pada citra panoramik gigi memiliki nilai informasi berbeda yang tidak merata, seperti blurred contours, soft color shades, dan brightness pada sebagian region citra sehingga penentuan threshold secara global tidak begitu efektif. Untuk mengevaluasi performa metode yang diusulkan, metode yang diusulkan telah diimplementasikan terhadap 15 citra panoramik gigi. Beberapa sample citra ditunjukkan pada Gambar 8. Ground truth citra sebagai pembanding hasil segmentasi ditunjukkan pada Gambar 9 dan pada Gambar 10 menunjukkan hasil



Gambar 8. Input Citra



Gambar 9. Ground Truth Citra

region splitting menggunakan edison system dengan marker yang dilakukan oleh user.

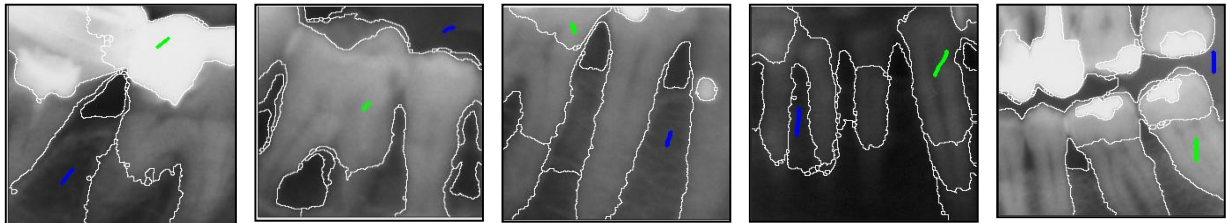
Hasil citra tersegmentasi akan dibandingkan dengan citra ground truth untuk mengetahui performa hasil segmentasi. Pada citra uji standar ini, evaluasi dilakukan menggunakan misclassification error yang dihitung berdasarkan persamaan (12).

$$ME = 1 - \frac{|B_o \cap B_T| + |F_o \cap F_T|}{|B_o| + |F_o|}, \quad (12)$$

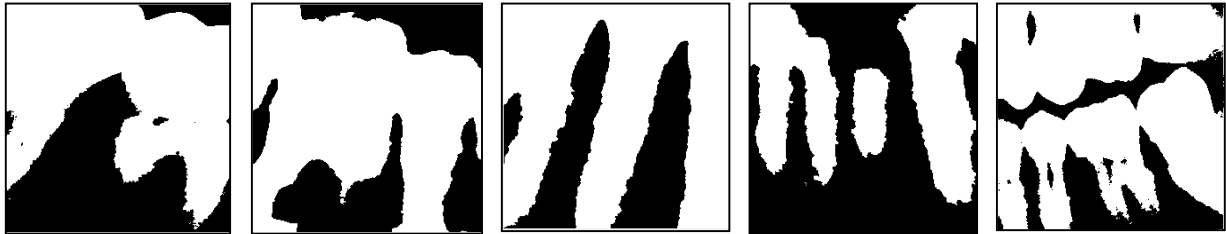
dimana B_o dan F_o adalah background dan objek dari citra ground truth, sedangkan B_T dan F_T adalah hasil citra tersegmentasi. Semakin kecil nilai ME menunjukkan hasil thresholding suatu metode semakin baik dan mendekati citra ground truth.

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap pengukuran fuzzy similarity yang diusulkan oleh [23] dengan menentukan nilai threshold global pada citra. Pada Gambar 12 menunjukkan hasil segmentasi [23] dengan penentuan parameter V_B dan V_o dihitung berdasarkan index of fuzziness pada citra. Pada Gambar 13 menunjukkan hasil segmentasi dengan penentuan parameter V_B dan V_o ditentukan dengan mengambil nilai dari user marking (semi FSM) dan penentuan threshold juga dilakukan secara global.

Hasil Segmentasi metode yang diusulkan ditunjukkan pada Gambar 11, dimana penentuan parameter V_b dan V_o juga diambil user marking, namun pengukuran fuzzy similarity dilakukan pada setiap lokal region hasil dari mean-shif edison system. Pada Gambar 11 menunjukkan hasil segmentasi metode yang diusulkan lebih baik dibandingkan dengan automatic FSM [23] dan semi FSM. Hal ini juga dibuktikan dengan rata-rata nilai misclassification error (ME) pada 15 citra yang diuji cobakan, metode yang diusulkan menunjukkan nilai ME yang lebih kecil dibandingkan dengan automatic FSM [23] dan Semi FSM yang ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 10. Region Splitting And User Marking



Gambar 11. Hasil Segmentasi Metode Yang Diusulkan



Gambar 12. Hasil Segmentasi Index Of Fuzzines And Fuzzy Similarity (Automatic FSM) [23]



Gambar 13. Semi Fuzzy Similarity (Semi FSM)

Tabel 1. Evaluasi Performa Menggunakan Misclassification Error (Me)

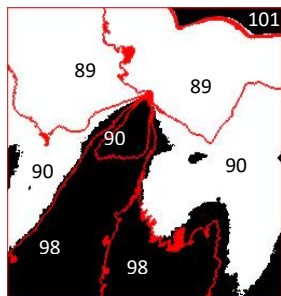
Citra	Misclassification Error (%)		
	Automatic FSM	Semi FSM	Metode yang diusulkan
Gigi 1	43.07	27.75	14.38
Gigi 2	11.5	11.1	7.7
Gigi 3	11.74	11.74	5.95
Gigi 4	5.52	5.52	3.01
Gigi 5	11.74	11.74	8.82
Gigi 6	10.19	9.65	10.24
Gigi 7	58.72	11.8	9.06
Gigi 8	13.57	8.47	9.42
Gigi 9	3.36	3.36	3.95
Gigi 10	5.17	5.17	2.38
Gigi 11	1.51	1.43	1.09
Gigi 12	1.03	1.03	1
Gigi 13	6.5	6.5	3.78

Citra	Misclassification Error (%)		
	Automatic FSM	Semi FSM	Metode yang diusulkan
Gigi 14	0.15	0.15	0.53
Gigi 15	0.52	0.52	0.68
Rata-Rata	12.29	7.73	5.47

Dari Tabel 1 didapatkan bahwa hasil evaluasi performa metode yang diusulkan menghasilkan hasil segmentasi yang lebih baik dibandingkan dengan pengukuran *automatic* FSM dan semi FSM pada 15 sample citra panoramik gigi. Hal ini ditunjukkan dengan rata-rata nilai *misclassification error (ME)* lebih kecil dibandingkan dengan *automatic* FSM dan semi FSM yaitu 5.47 %. Dengan interaktif segmentasi dimana *user* memberikan tambahan informasi berupa *marker* terbukti efektif dalam proses segmentasi.

Hasil segmentasi semi FSM lebih baik dibandingkan dengan *automatic* FSM dalam penentuan *threshold global*. Namun penentuan

threshold global pada citra panoramik gigi sangat sensitif terhadap faktor penghambat seperti pencahayaan yang tidak merata atau citra yang kabur. Atas dasar itu pada penelitian ini penentuan lokal *threshold* dilakukan dengan membagi citra menjadi beberapa *region*, dimana setiap *region* akan memiliki nilai *threshold* yang berbeda tergantung nilai fitur pada *region* tersebut seperti diilustrasikan pada Gambar 14.



Gambar 14. Lokal *Threshold* Pada Citra Panoramik Gigi

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Penentuan lokal *threshold* menggunakan pengukuran *fuzzy similarity* berhasil melakukan segmentasi pada citra gigi dengan rata-rata nilai ME 5.47%. Metode yang diusulkan terbukti efektif dalam mensegmentasi citra panoramik gigi yang memiliki penghambat seperti pencahayaan yang tidak merata atau citra yang kabur. Proses *region splitting* dilakukan untuk mendapatkan lokal *region* pada citra sehingga lokal *threshold* dapat dilakukan. Proses *marker region* oleh *user* terbukti efektif dalam penentuan inisial *seed background* dan objek sehingga penentuan *fuzzy region* dapat lebih optimal. Hasil uji coba pada citra panoramik gigi, metode yang diusulkan menghasilkan rata-rata nilai ME lebih kecil dibandingkan dengan *automatic FSM* dan *semi FSM*. Berdasarkan hasil evaluasi penentuan lokal *threshold* terbukti lebih efektif dibandingkan dengan *global threshold* dalam mensegmentasi citra panoramik gigi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. L. Lin, P. Y. Huang, P. W. Huang, H. C. Hsu, and C. C. Chen, "Teeth segmentation of dental periapical radiographs based on local singularity analysis," *Comput. Methods Programs Biomed.*, pp. 1–13, 2013.
- [2] Y. Y. Amer and M. J. Aqel, "An Efficient Segmentation Algorithm for Panoramic Dental Images," *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, vol. 65, no. Iccmit, pp. 718–725, 2015.
- [3] M. Niswar and A. Aman, "Sistem Pendeteksi Kesegaran Ikan Bandeng Menggunakan Citra," *J. Infotel*, vol. 8, no. 2, pp. 170–179, 2016.
- [4] D. A. Forsyth and Ponce J., "Computer Vision: A Modern Approach," Prentice Hall, 2002.
- [5] T. Pavlidis, *Structural Pattern Recognition*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1977.
- [6] T. N. A. Nguyen, J. Cai, J. Zheng, and J. Li, "Interactive object segmentation from multi-view images," *J. Vis. Commun. Image Represent.*, vol. 24, no. 4, pp. 477–485, 2013.
- [7] K. Haris, S. N. Efstratiadis, N. Maglaveras, and A. K. Katsaggelos, "Hybrid image segmentation using watersheds and fast region merging," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 7, no. 12, pp. 1684–1699, 1998.
- [8] H. Yao, Q. Duan, D. Li, and J. Wang, "An improved K-means clustering algorithm for fish image segmentation," *Math. Comput. Model.*, vol. 58, no. 3–4, pp. 790–798, 2013.
- [9] G. Friedland, K. Jantz, and R. Rojas, "SIOX: Simple interactive object extraction in still images," *Proc. - Seventh IEEE Int. Symp. Multimedia, ISM 2005*, vol. 2005, pp. 253–259, 2005.
- [10] J. Ning, L. Zhang, D. Zhang, and C. Wu, "Interactive image segmentation by maximal similarity based region merging," *Pattern Recognit.*, vol. 43, no. 2, pp. 445–456, 2010.
- [11] Y. Y. Boykov, "Interactive Graph Cuts for Optimal Boundary & Region Segmentation of Objects in N-D Images," *Comput. Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE Int. Conf.*, no. July, pp. 105–112, 2001.
- [12] R. Adams and L. Bischof, "Seeded region growing," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 16, no. 6, pp. 641–647, 1994.
- [13] P. Salembier and L. Garrido, "Binary partition tree as an efficient representation for image processing, segmentation, and information retrieval," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 9, no. 4, pp. 561–576, 2000.
- [14] K. McGuinness and N. E. O'Connor, "A comparative evaluation of interactive segmentation algorithms," *Pattern Recognit.*, vol. 43, no. 2, pp. 434–444, 2010.
- [15] S. Aja-Fernández, A. H. Curiale, and G. Vegas-Sánchez-Ferrero, "A local fuzzy thresholding methodology for multiregion image segmentation," *Knowledge-Based Syst.*, vol. 83, no. 1, pp. 1–12, 2015.
- [16] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, vol. 9, no. 1, pp. 62–66, 1979.
- [17] O. J. Tobias and R. Seara, "Image segmentation by histogram thresholding using fuzzy sets," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 11, no. 12, pp. 1457–1465, 2002.
- [18] N. V. Lopes, P. A. Mogadouro, H. Bustince, and P. Melo-pinto, "Using Fuzzy Measures," *Image (Rochester, N.Y.)*, vol. 19, no. 1, pp. 199–204, 2010.
- [19] D. Comaniciu, P. Meer, and S. Member, "Mean Shift : A Robust Approach Toward Feature Space Analysis," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 24, no. 5, pp. 603–619, 2002.
- [20] M. Jian and C. Jung, "Interactive Image Segmentation Using Adaptive Constraint Propagation," vol. 25, no. 3, pp. 1301–1311, 2016.
- [21] L. a. Zadeh, "Fuzzy sets," *Inf. Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338–353, 1965.
- [22] L. Liu, W. Tao, J. Liu, and J. Tian, "A variational model and graph cuts optimization for interactive foreground extraction," *Signal Processing*, vol. 91, no. 5, pp. 1210–1215, 2011.
- [23] G. Q. O. Pratamasunu *et al.*, "Image Thresholding Based on Index of Fuzziness and Fuzzy Similarity Measure," *Comput. Intell. Appl. (IWCIA), 2015 IEEE*

8th Int. Work., vol. 8, pp. 161–166, 2015.
[24] A. Z. Arifin and A. Asano, “Image Thresholding by

Measuring The Fuzzy Sets,” *Proc. Inf. dan Technol. Semin.*, pp. 189–194, 2005.