

ANALISIS PERBANDINGAN TEKNIK SEGMENTASI CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE LEVEL SET CHAN & VESE DAN LANKTON

Dyah Apriliani¹, Murinto²

¹Mahasiswa Program Pasca Sarjana S2 Ilmu Komputer Undip Semarang

²Program Studi Teknik Informatika, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta

Jalan Prof. Dr. Soepomo, S.H, Janturan, Yogyakarta

email : dyah.apriliani@yahoo.com¹

aryacettakusno1306@gmail.com²

Abstrak

Perkembangan teknologi yang pesat di bidang komputer telah mendorong semakin berkembangnya penelitian dan penerapan teknik pengolahan citra. Beberapa pertumbuhan kemajuan teknologi baru membuka peluang bagi pengembangan lebih lanjut dalam bidang ini. Saat ini pengolahan citra mempunyai peranan yang sangat penting dalam berbagai bidang kehidupan. Segmentasi adalah proses pemisahan objek dengan latar belakangnya. Saat ini telah banyak dilakukan penelitian tentang segmentasi. Ada banyak metode dalam

*menggunakan salah satunya adalah level-set menggunakan metode Chan & Vese dan Lankton. Penggunaan metode tersebut dalam proses segmentasi terkadang belum tentu sesuai dengan hasil yang diharapkan. Untuk itu perlu dilakukan analisis terhadap kinerja teknik segmentasi menggunakan metode Chan & Vese dan Lankton. Penelitian menggunakan metode Chan & Vese dan Lankton dengan input citra berupa citra berekstensi *.jpeg. Citra dimasukkan ke dalam program dan dilakukan proses Chan & Vese serta proses Lankton. Adapun parameter yang digunakan adalah iterasi untuk yang digunakan sebagai pembanding perulangan yang dilakukan, citra hasil yang digunakan untuk melihat banyak sedikitnya segmen, histogram citra digunakan untuk mengetahui intensitas dan kontras suatu citra, timing run digunakan untuk mengetahui lamanya suatu proses citra, dan SNR (Signal to Noise Ratio) yang digunakan untuk mengetahui kualitas citra. Pengujian dilakukan dengan melakukan uji coba terhadap 10 citra dan selanjutnya dilakukan analisis. Hasil penelitian 50 hasil dari 10 buah sampel citra dengan lima kali iterasi yaitu : iterasi 100, 200, 300, 400 dan 500 terlihat bahwa segmen yang dihasilkan dari proses segmentasi menggunakan metode Lankton lebih baik dibandingkan proses segmentasi menggunakan metode Chan & Vese. Rata-rata timing run pada proses Chan & Vese adalah 0,2952 detik dan proses Lankton sebesar 0,3177 detik. Rata-rata SNR pada Proses Chan & Vese 6,0335 dB dan dengan proses Lankton sebesar 7,4524 dB.*

Kata Kunci : Chan & Vese, Lankton, Segmentasi Citra

1 PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin pesat mempermudah dalam pengolahan data. Data yang dapat diolah tidak hanya data yang berbentuk teks, tetapi dapat berupa komponen multimedia. Komponen multimedia meliputi: citra (image),

suara (audio) dan video. Citra merupakan suatu komponen multimedia yang sangat penting. Suatu citra dapat menyimpan berbagai informasi di dalamnya, sehingga pengolahan citra sangat penting dikembangkan.

Pada pengolahan citra digital, terdapat proses penting yang sering digunakan yaitu proses segmentasi. Mengingat pentingnya proses segmentasi tersebut sebagai pemroses awal, maka dibutuhkan metode segmentasi yang dapat melakukan pemisahan objek dengan akurat. Ketidakakuratan proses segmentasi dapat menyebabkan ketidakakuratan pada hasil proses selanjutnya. Secara umum, proses segmentasi terbagi menjadi tiga kelompok yaitu segmentasi berdasar klasifikasi (*classification based segmentation*), segmentasi berdasar tepi (*edge based segmentation*), dan segmentasi berdasar wilayah (*region based segmentation*). Berdasarkan model yang digunakan dalam segmentasi terdapat dua framework utama. Pertama metode variasional (*variational method*) yang mengandalkan pada definisi suatu fungsi energi yang tergantung data dan partisinya (minimisasi energi atas segala kemungkinan), khususnya dengan menggunakan Metode Variasional secara Matematik (*Variational Mathematical Methods*) antara lain : Persamaan turunan parsial (*Partial Differential Equations/PDE*). Contoh Model ini adalah Model Kontur Aktif (*Active Contour Model*), yang diimplementasikan dalam kasus khusus dikenal dengan nama Metode Level-set (*Level-set Methods*). Kedua adalah Model Framework Bayes dan model *Markov Random Field (MRF)*.

Metode segmentasi citra menggunakan level-set memiliki kelebihan diantaranya : ketahanannya terhadap noise dan kemampuan berevolusi melalui bidang concave. Beberapa metode level set yang telah diteliti dan dikembangkan antara lain: metode Bernard, metode Caselles, metode Chan & Vese, metode Lankton, Metode Li dan metode Shi. Metode Chan & Vese merupakan metode aktif kontur tanpa tepi. Metode ini membahas tentang kontur aktif untuk mendeteksi objek dalam gambar menggunakan energi evolusi. Model ini dapat mendeteksi objek yang batasnya tidak selalu ditentukan oleh gradien. Sedangkan metode Lankton melokalisir daerah berbasis kontur aktif. Metode ini memungkinkan setiap energi segmentasi berbasis wilayah akan dirumuskan secara lokal. Model ini mampu melakukan segmentasi citra dengan fitur heterogen. Teknik yang digunakan untuk metode ini sangat fleksibel untuk menanamkan manfaat dari lokalisasi. Kemudian dari masing – masing energi lokal tersebut dibandingkan untuk menunjukkan perbaikan yang telah dicapai. Metode segmentasi citra menggunakan levet-set Chan & Vese dan Lankton tersebut dapat digunakan untuk pemrosesan terhadap berbagai jenis data citra digital. Data citra digital merupakan kumpulan dari berbagai jenis gambar / citra yang memiliki ukuran, warna dan tekstur tertentu.

Hasil yang diperoleh dari pemrosesan citra tersebut belum tentu sesuai dengan hasil yang diharapkan, karena metode pengolahan yang digunakan belum tentu sesuai dengan data citra yang akan dimiliki. Oleh karena itu, diperlukan analisis terhadap kinerja metode level-set Chan & Vese untuk segmentasi citra digital. Adapun parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu citra hasil segmentasi, timing run, SNR dan histogram. Histogram digunakan untuk mengetahui tingkat kecerahan, kontras, dan persebaran nilai – nilai intensitas pixel dari suatu citra atau bagian tertentu dalam citra.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Citra

Citra merupakan istilah lain untuk gambar sebagai salah satu komponen multimedia yang memegang peranan yang sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi. Secara harfiah, citra (image) adalah gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (continue) dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, pemindai (scanner), dan sebagainya, sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam.

2.2 Segmentasi Citra

Segmentasi wilayah merupakan pendekatan lanjutan dari deteksi tepi. Dalam deteksi tepi segmentasi citra dilakukan melalui identifikasi batas-batas objek (*boundaries of object*). Batas merupakan lokasi dimana terjadi perubahan intensitas. Dalam pendekatan didasarkan pada wilayah, maka identifikasi dilakukan melalui wilayah yang terdapat dalam objek tersebut. Segmentasi berusaha memisahkan suatu citra ke dalam kelompok piksel-piksel homogen ke dalam satu himpunan yang sesuai dengan masing-masing kriterianya. Tiap kelompok tersebut dinamakan dengan segmen. Pengelompokan (clustering) digunakan sebagai teknik segmentasi menggunakan keseragaman predikat. Segmen yang dihasilkan dari algoritma clustering biasanya dinamakan dengan cluster-cluster

2.3 Chan & Vese

- Tony F. Chan mengusulkan suatu metode yaitu *Chan-Vese* (C-V) model, yang merupakan *Region based model*. Model ini merupakan perbaikan dari *edge based model*, karena mendasarkan pendekatan tepi pada suatu citra tidak berdasarkan pada gradient citra tapi didasarkan pada teknik *curve evolution*, *Mumford-shah function for segmentation* dan *level set*. Hal ini dikarenakan, pendekatan menggunakan gradient citra kurang efektif karena diskrit gradient terbatas dan fungsi pemberhentian tidak pernah null pada suatu tepi dan memungkinkan kurva melewati batas yang ada. Pada C-V model, inisial kontur bisa dilakukan dimana saja pada citra dan C-V model akan secara otomatis mendekripsi keseluruhan kontur, tidak peduli letak dari inisial kontur[1].

Citra 1 pada domain Ω C-V model, diformulasikan dengan melakukan minimalisasi fungsi energi berikut :

$$E^{cv} = \lambda_1 \int_{inside(C)} |I(x) - c_1|^2 dx + \lambda_2 \int_{outside(C)} |I(x) - c_2|^2 dx, x \in \Omega \quad (2.1)$$

Dimana, c_1 dan c_2 merupakan 2 konstanta konstanta yang merupakan rata - rata intensitas pada inside dan outside kontur. Dengan menggunakan *Level set method* diasumsikan :

$$\begin{cases} C = \{x \in \Omega : \phi(x) = 0\}, \\ inside(C) = \{x \in \Omega : \phi(x) > 0\}, \\ outside(C) = \{x \in \Omega : \phi(x) < 0\} \end{cases} \quad (2.2)$$

Dengan melakukan minimalisasi pada persamaan 2.1, penyelesaian untuk c1 dan c2 yaitu :

$$C_1 = \frac{\int_{\Omega} I(x) \cdot H(\phi) dx}{\int_{\Omega} H(\phi) dx} \quad (2.3)$$

$$C_2 = \frac{\int_{\Omega} I(x) \cdot (1 - H(\phi)) dx}{\int_{\Omega} (1 - H(\phi)) dx} \quad (2.4)$$

Dalam rumus di atas dilakukan proses iterasi terhadap metode Chan & Vese yang dilakukan dengan melakukan pemrosesan atau penghitungan terhadap C1 dan C2. Besarnya nilai iterasi yang dimasukkan dalam rumus di atas akan memperbarui nilai dari ϕ .

Dengan menambahkan panjang dan energi pada persamaan 2.1, kemudian meminimalkannya, akan dihasilkan persamaan *Level set*, yaitu:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = \delta(\phi) [\mu \nabla \left(\frac{\nabla \phi}{|\nabla \phi|} \right) - v - \lambda_1 (I - C_1)^2 + \lambda_2 (I - C_2)^2] \quad (2.5)$$

Keterangan :

$\mu \geq 0, v \geq 0, \lambda_1 \geq 0, \lambda_2 \geq 0$: parameter tetap

dimana

μ = mengontrol smoothnes dari zero level set

v = meningkatkan kecepatan

λ_1 = mengontrol tenaga pada image data, pada inside dan outside contour

∇ = operasi gradient

$H(\phi)$ = Heaviside function

$\delta\phi$ = dirac function

Heaviside function digunakan untuk menyelesaikan c1 dan c2. Heaviside function disebut juga *unit step function*, yang merupakan fungsi diskontinu dan memiliki nilai 0 untuk argument negatif, dan bernilai 1 untuk argument positif.

$$H[n] = \begin{cases} 0, & n < 0 \\ 1, & n \geq 0 \end{cases} \quad (2.6)$$

2.4 Lankton

Shawn Lankton mengusulkan sebuah metode yang memungkinkan setiap energi segmentasi yang berbasis wilayah akan kembali dirumuskan secara lokal. Kelebihan dari metode ini adalah metode ini dapat meningkatkan kualitas segmentasi yang dihasilkan yang disediakan oleh energi global dalam keadaan tertentu. Metode ini juga dapat meningkatkan kualitas kerja segmentasi yang dilakukan. Citra I pada domain Ω dan C menjadi kontur tertutup direpresentasikan sebagai fungsi level set dan ditandai fungsi jarak yang memiliki nilai epsilon 10^{-5} . Fungsi Heaviside ditentukan dengan melakukan pendekatan sebagai berikut :

$$H\phi(x) = \begin{cases} 1, & \phi(x) < -\epsilon \\ 0, & \phi(x) > \epsilon \\ \frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{\phi}{\epsilon} + \frac{1}{\pi} \sin \left(\frac{\pi \phi(x)}{\epsilon} \right) \right\} & \text{lainnya} \end{cases} \quad (2.7)$$

Demikian juga bagian luar C didefinisikan sebagai : $(1 - H\phi(x))$.

Untuk menentukan daerah tersebut hanya sekitar kurva, kita akan menggunakan turunan dari $H\phi(x)$, yaitu :

$$H\phi(x) = \begin{cases} 1, \phi(x) = 0 \\ 0, |\phi(x)| < \epsilon \\ \frac{1}{2\epsilon} \left\{ 1 + \cos\left(\frac{\pi\phi(x)}{\epsilon}\right) \right\} \end{cases} \quad (2.8)$$

Disini akan diperkenalkan variabel spasial kedua yaitu y . Disini akan digunakan variable x dan y sebagai independen variabel spasial masing-masing mewakili satu titik di Ω . Untuk notifikasi ini, diperkenalkan karakteristik dalam parameter radius r sebagai berikut :

$$B(x, y) = \begin{cases} 1, \|x - y\| \leq r \\ 0 \end{cases} \quad (2.9)$$

$B(x, y)$ akan menutupi daerah setempat. Fungsi ini akan menjadi 1 ketika intinya adalah dalam bola berjari – jari r , berpusat di x dan 0 jika tidak. Interaksi dari $B(x, y)$ dengan daerah interior dan dan daerah eksterior. Dalam persamaan ini akan diberikan energi fungsional F . Besarnya energi yang diberikan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$E(\phi) = \int_{\Omega_x} \delta\phi(x) \int_{\Omega_y} B(x, y) \cdot F(I(y), \phi(y)) dy dx \quad (2.10)$$

Fungsi F adalah ukuran energi generik internal yang digunakan untuk mewakili kepatuhan lokal untuk model tertentu pada setiap titik sepanjang kontur. Setiap energi F dapat dimodifikasi dan ditulis ulang sebagai F untuk dimasukkan di dalam kerangka ini. Dalam komputasi E , kita hanya mempertimbangkan kontribusi dari nilai dekat kontur. Dengan mengabaikan *inhomogeneity* yang mungkin timbul memberikan kemampuan untuk menangkap berbagai objek yang jauh lebih luas. Dalam persamaan di atas, perkalian dengan fungsi, $\delta\phi(x)$ di luar integral x . istilah ini memastikan bahwa kurva tidak akan berubah topologi dengan spontan mengembangkan kontur baru, meskipun masih memungkinkan untuk kontur untuk membagi dan bergabung. Untuk setiap titik x yang dipilih oleh $\delta\phi(x)$ akan ditutup dengan $B(x, y)$ untuk memastikan F beroperasi hanya pada informasi tentang gambar lokal x . Dengan demikian, total kontribusi dari istilah pertama energi adalah jumlah F dari nilai untuk setiap $B(x, y)$ di sepanjang level set nol.

Akhirnya untuk menjaga agar kurva tetap halus, perlu ditambahkan sebuah regulasi yaitu λ . Sehingga besarnya energi yang diberikan dirumuskan sebagai berikut :

$$E(\phi) = \int_{\Omega_x} \delta\phi(x) \int_{\Omega_y} B(x, y) \cdot F(I(y), \phi(y)) dy dx + \lambda \int_{\Omega_x} \delta\phi(x) \|\nabla\phi(x)\| dx \quad (2.11)$$

Dengan mengambil variasi pertama energi ini terhadap ϕ kita mendapatkan persamaan evolusi berikut :

$$\frac{\partial \phi}{\partial t}(x) = \delta\phi(x) \int_{\Omega_y} B(x, y) \cdot \nabla_{\phi(y)} F(I(y), \phi(y)) dy + \lambda \delta\phi(x) \operatorname{div} \left(\frac{\nabla\phi(x)}{\|\nabla\phi(x)\|} \right) \quad (2.12)$$

Pembatas pada energi internal, F merupakan variasi pertama sehubungan dengan ϕ yang dapat dihitung. Ini memastikan bahwa hampir semua wilayah segmentasi dapat dimasukkan ke dalam metode ini.

2.5 SNR (*Signal to Noise Ratio*)

SNR digunakan untuk menentukan kualitas citra setelah dilakukan operasi. Citra hasil dibandingkan dengan citra asli untuk memberi perkiraan kasar kualitas citra hasil. Semakin besar nilai SNR berarti penggunaan metode dapat meningkatkan kualitas cira, sebaliknya jika nilai SNR semakin kecil maka citra hasil hanya sedikit juga peningkatan kualitasnya. Nilai SNR yang tinggi adalah lebih baik karena berarti rasio sinyal terhadap metode juga tinggi. Rumus untuk menghitung SNR dapat dilihat dalam persamaan berikut:

$$SNR = \frac{\mu}{\sigma} \quad (2.13)$$

Dimana μ adalah nilai *pixel* citra maksimal – nilai *pixel* citra minimal, σ adalah standar deviasi dari citra. SNR dalam satuan *decibels* (dB) dapat dihitung dengan rumus:

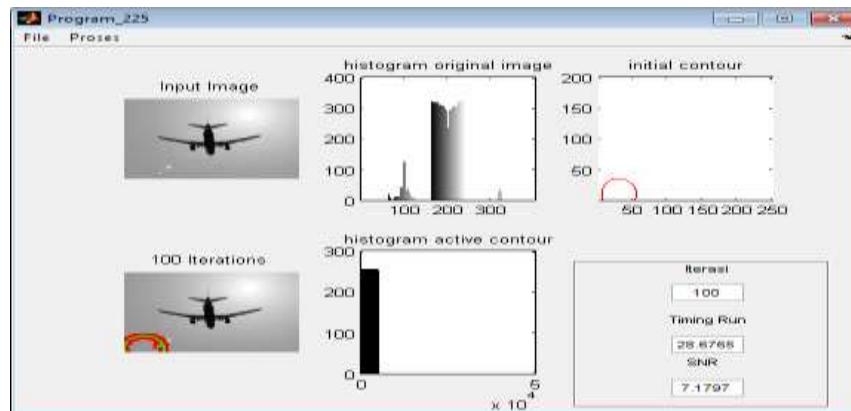
$$SNR = 10 \log 10 . SNR \quad (2.14)$$

3 METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan sampel citra yang berekstensi *.jpeg. Masing-masing citra akan dilakukan proses segmentasi menggunakan metode Level set Chan & Vese dan Lankton. Hasil dari masing – masing metode tersebut akan dibandingkan dan dianalisis satu sama lain berdasarkan iterasi, citra hasil segmentasi, histogram citra, timing run dan nilai SNR. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : Studi Literatur, observasi.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Tampilan program utama dibuat menggunakan *Matlab* 7.6 yang terdiri dari beberapa komponen. Menu file terdiri dari *load image* yaitu proses untuk *meload* dan menampilkan *file* citra yang berekstensikan *.jpg. *Save image* berfungsi untuk menyimpan citra hasil, dan *exit* berfungsi untuk keluar dari aplikasi. Menu proses terdiri dari dua sub menu yaitu proses untuk metode Chan & Vese dan Menu untuk metode Lankton. Sub menu metode Chan & Vese menampilkan citra asli yang akan diproses, histogram citra asli, inisial kontur, proses segmentasi menggunakan metode Chan & Vese, histogram citra hasil segmentasi menggunakan metode Chan & Vese, *timing run* atau waktu proses yang diperlukan oleh metode Chan & Vese, serta nilai SNR. Sub menu Lankton juga akan menampilkan citra asli yang akan diproses, histogram citra asli, inisial kontur, proses segmentasi menggunakan metode Lankton, hidrogram citra hasil segmentasi menggunakan metode Lankton, *timing run* atau waktu proses yang diperlukan oleh metode Lankton, serta nilai SNR dari citra hasil segmentasi. Menu proses menampilkan citra hasil dan waktu proses atau *timing run*. Tampilan utama program dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tampilan Program Chan & Vese dan Lankton

Pengujian atau testing dalam penelitian ini dilakukan dengan melakukan percobaan pemrosesan terhadap 10 jenis citra yang berekstensi *jpeg. Dalam penelitian ini dilakukan lima kali pemrosesan terhadap masing – masing citra dalam sebuah metode. Hal ini dikarenakan akan dibedakan variasi untuk iterasi program tersebut. Iterasi yang diberikan yaitu mulai dari 100 hingga 500, dengan kelipatan 100. Setelah dilakukan proses iterasi pengujian juga dilakukan dengan melihat histogram, waktu proses dan nilai SNR nya. Setelah semua hasil diketahui maka di dapat timing run dan SNR seperti terlihat dalam tabel 4.1 dan tabel 4.2

Tabel 4.1. *Timing Run*

No	Nama	Iterasi	Proses (detik)	
			Chan & Vese	Lankton
1	4color.jpeg	100	48.9297	13.5566
2	4color.jpeg	200	61.3261	24.8666
3	4color.jpeg	300	106.232	34.7203
4	4color.jpeg	400	128.043	42.1088
5	4color.jpeg	500	160.12	52.8037
6	Airplane.jpeg	100	30.0074	16.5303
..
17	Daun.jpeg	200	42.6895	20.5657
	Jumlah		4705.717	2263.634
	Rata-rata		94.114	45.273

Dari table 4.1 di atas terdapat rata-rata *timing-run* untuk metode Chan & Vese sebesar $\bar{x} = 94.114$ detik dan pada metode Lankton sebesar $\bar{x} = 45.273$ detik. Dari hasil pengujian diketahui bahwa *timing run* metode Lankton lebih cepat dibandingkan dengan metode Chan & Vese.

Tabel 4.2 SNR Citra

No	Nama	Iterasi	SNR Proses (dB)	
			Chan & Vese	Lankton
1	4color.jpeg	100	3.5341	4.027
2	4color.jpeg	200	3.3077	4.6895
3	4color.jpeg	300	3.1427	3.4017

4	4color.jpeg	400	3.041	3.1587
5	4color.jpeg	500	3.0104	3.0118
..
46	Sel darah.jpeg	100	3.5215	6.5273
47	Sel darah.jpeg	200	3.4342	5.6601
48	Sel darah.jpeg	300	3.2672	4.8607
49	Sel darah.jpeg	400	3.1422	4.3129
50	Sel darah.jpeg	500	3.0745	3.9724
Jumlah			210.4496	224.6189
Rata-rata			4.2090	4.4924

Dari Tabel 4.2 di atas terdapat rata-rata SNR untuk metode *Chan & Vese* sebesar $\bar{x} = 4.2090$ dB sedangkan dari metode *Lankton* sebesar $\bar{x} = 4.4924$ dB. Perbedaan nilai SNR *chan & Vese* dan *Lankton* berdasarkan berdasarkan jumlah SNR *Chan & Cese* dan *Lankton* adalah sebagai berikut :

$|(jumlah SNR Chan & Vese) - (jumlah SNR Lankton)| = |210.4496 \text{ dB} - 224.6189 \text{ dB}| = 14.1693 \text{ dB}$. Berdasarkan analisis SNR dapat diketahui bahwa metode segmentasi citra menggunakan metode *Lankton* mempunyai nilai SNR yang lebih tinggi. Ini membuktikan bahwa metode *Lankton* mempunyai kualitas citra segmentasi yang lebih baik dibandingkan metode *Chan & Vese*, karena dengan nilai SNR yang tinggi berarti rasio sinyal terhadap metode juga tinggi.

5 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Citra hasil segmentasi yang dihasilkan oleh metode *Lankton* lebih baik dibandingkan dengan citra hasil segmentasi dengan metode *Chan & Vese*.
2. Citra hasil segmentasi menggunakan metode *Chan & Vese* memiliki nilai intensitas pixel yang lebih tinggi dan citra hasil segmentasi *Chan & Vese* memiliki rentang kontras yang lebih lebar.
3. Rata – rata waktu proses (timing run) yang dibutuhkan untuk melakukan proses segmentasi menggunakan metode *Lankton* lebih cepat jika dibandingkan dengan metode *Chan & Vese*. Rata – rata waktu proses dengan metode *Chan Vese* yaitu selama 94.114 detik sedangkan rata – rata waktu proses menggunakan metode *Lankton* yaitu selama 45.273 detik.
4. Citra hasil metode *Lankton* mempunyai kualitas hasil segmentasi yang lebih baik karena mempunyai rata - rata nilai SNR yang lebih tinggi dibandingkan dengan rata - rata nilai SNR metode *Chan & Vese*. Rata – rata nilai SNR untuk Metode *Lankton* yaitu sebesar 4.4924 dB dan rata – rata nilai SNR untuk metode *Chan & Vese* sebesar 4.2090 dB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Li, S. Z. (2009). Markov Random Field Modeling in Image Analysis. Springer.
- [2] Munir, Rinaldi. 2004. Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik. Bandung : Penerbit Informatika.
- [3] T. Dietenbeck, M.Alessandrini, D. Friboulet, and O. Bernard, “ Creaseg : A free software for the evaluation of image segmentation algorithms based on level-set” in IEEE International Conference On Image Processing. Hong Kong, China, 2010.
- [4] T. Chan and L. Vese, “Active contours without edges,” IEEE Trans. Image Process., vol 10, pp. 266-277, Februari 2001.
- [5] S. Lankton and A. Tannenbaum, : “Localizing region-based active contours,” IEEE Trans. Image Process., vol 17, pp 2029-2039, November 2008.
- [6] <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/23445-chan-vese-active-contours-without-edges> (01 Juni 2012)
- [7] <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/19567 - active - contour - segmentation> (13 Juni 2012)