

SEGMENTASI OTOMATIS UNTUK VISUALISASI 3-D ORGAN PARU PADA CITRA COMPUTER TOMOGRAPHY MENGGUNAKAN ACTIVE COUNTOUR

Oleh :
Sri Widodo

Akademi Perekam Medis dan Informatika Kesehatan Citra Medika Surakarta.

ABSTRAK

Paru adalah organ tubuh yang berupa sepasang kantong berbentuk bulat toraks, terdapat dalam rongga dada, berfungsi sebagai alat pernapasan untuk membersihkan darah dengan oksigen yang diisap dari udara pada manusia dan sebagian binatang. Dokter ahli paru biasanya hanya melihat citra Computer Tomography (CT) dengan mata telanjang untuk mendeteksi, serta mengetahui kelainan dari organ paru. Oleh karena itu prosedur ini tentu saja kurang efektif. Selain itu dokter ahli paru sering berbeda dalam menentukan bentuk kelainan dari organ paru. Oleh karena itu dibutuhkan aplikasi yang dapat menampilkan citra paru dalam bentuk 3-D secara otomatis.

Tujuan penelitian ini adalah membuat aplikasi untuk segmentasi dan visualisasi 3-D secara otomatis organ paru pada citra CT. Dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan, yang pertama adalah segmentasi organ paru menggunakan active contour, dan yang kedua adalah visualisasi 3-D organ paru menggunakan volume rendering.

Dataset yang digunakan meliputi 10 seri citra CT paru pasien. Masing-masing citra CT terdiri dari 20 sampai 45 irisan (slice). Jumlah total irisan sebanyak 343 irisan dengan format file .jpg dengan ukuran 505 X 427 piksel. Dari total irisan yang digunakan, berhasil disegmentasi sebanyak 315 atau 91,83% dan gagal sebanyak 28 irisan atau 8,17%. Sedangkan citra CT Pasien yang berhasil divisualisasi adalah sebanyak 9 seri citra CT pasien atau 90%, sedangkan yang gagal divisualisasi adalah 1 seri citra CT pasien, atau sebanyak 10%.

Kata Kunci: active contour, computer tomography (CT), Paru, visualisasi 3D, , volume rendering.

PENDAHULUAN

Dalam tiga dekade terakhir, teknologi peralatan medis telah menggunakan *imaging sensor atau scanner* yang menghasilkan gambar beresolusi tinggi seperti *x-ray Computed Tomography (CT)* dan *Magnetic Resonance Imaging (MRI)* yang sangat berguna untuk membantu mendiagnosa suatu penyakit sekaligus berperan dalam pelaksanaan *computer aided surgery*.

Dari sisi kepentingan tenaga ahli medik, untuk mendapatkan diagnosis yang lebih baik dan akurat berdasarkan irisan anatomi yang direpresentasikan pada citra, memerlukan jumlah tumpukan citra yang banyak, sehingga menjadi pekerjaan yang berat bila diamati secara "manual" untuk tiap citra. Lebih dari itu, pada citra medik untuk satu irisan tertentu, semua jaringan atau organ yang terdapat pada irisan tersebut akan direkonstruksi pada citra, sehingga menyebabkan analisis secara visual untuk objek jaringan atau organ yang menjadi perhatian relatif sulit dilakukan (Supriyanto, 2009).

Paru merupakan objek 3D, masih kurangnya suatu aplikasi yang terintegrasi dengan baik membuat para staf medis harus mempelajari kumpulan data gambar 2D dalam melakukan diagnosa terhadap kelainan pada organ paru. Karena kebutuhan akan informasi yang dapat terbaca secara detil dan menyeluruh itulah diperlukan suatu aplikasi yang dapat mentransformasikan suatu kumpulan data gambar 2-D paru ke dalam suatu visualisasi 3-D yang mendekati bentuk aslinya sehingga dapat membantu para dokter ahli paru untuk menginterpretasikan informasi yang ada.

Tujuan penelitian ini adalah membuat aplikasi untuk segmentasi dan visualisasi 3-D secara otomatis organ paru pada citra CT. Dalam penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan, yang pertama adalah segmentasi organ paru menggunakan *active contour*, dan yang kedua adalah visualisasi 3-D organ paru menggunakan *volume rendering*.

Segmentasi citra CT paru, adalah pekerjaan yang tidak mudah. Hal ini dikarenakan dalam citra CT paru masih terdapat objek-objek yang bukan merupakan bagian dari organ paru yang dimaksud. Untuk mengatasi kekurangan pada metode batas tepi, dikenalkan metode segmentasi citra yang dapat mengintegrasikan informasi terkait batas tepi objek, variasi intensitas dan informasi umum terkait struktur dari objek dalam suatu model. Salah satu model yang digunakan pada penelitian ini adalah model *active contour*. Untuk keperluan segmentasi citra, informasi awal tentang model dapat diperoleh dari bentuk umum objek yang menjadi perhatian. Model ini dapat berupa suatu kurva 2-dimensi tertutup sebarang yang memberikan bentuk umum dari objek yang menjadi perhatian pada citra. Kemudian model kurva 2 dimensi awal yang digunakan pada *active contour* akan berdeformasi sampai mendekati batas tepi struktur anatomi yang menjadi perhatian. Perubahan tersebut dikontrol dengan meminimumkan suatu fungsi objektif yang menggabungkan informasi lokal pada citra sebagai energi internal dan *apriori* pengetahuan tentang lokasi, ukuran dan bentuk umum

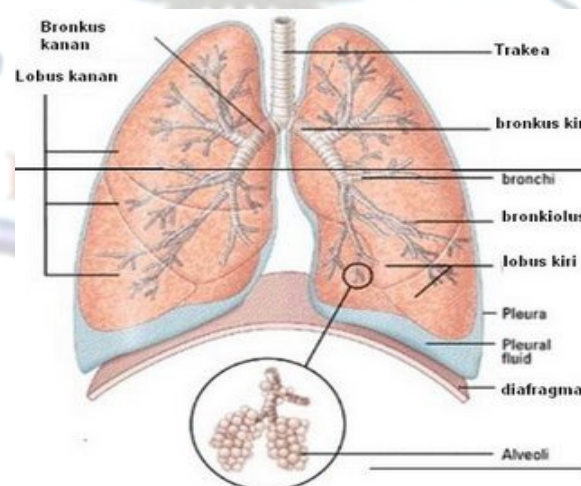
dari struktur sebagai energi eksternal. Fungsi objektif pada prinsipnya adalah mencari suatu parameter optimal yang membuat kesetimbangan antara energi internal dan energi eksternal (supriyanto, 2009). Dalam aplikasi model *active contour* untuk segmentasi citra paru, masalah yang dihadapi adalah bagaimana energi internal dan energi eksternal dapat terdefinisi dengan baik dengan beban komputasi yang relatif ringan. Untuk visualisasi 3-D dari citra paru menggunakan volume rendering dari mathwork central, dengan nama vol3d.

Rekonstruksi 3-D citra paru pada citra CT dapat membantu dokter ahli paru dalam mengetahui adanya ketidaknormalan pada organ paru, dan dapat membantu dalam proses diagnose, selain itu dapat digunakan untuk perencanaan oleh dokter sebelum operasi pembedahan dilakukan. Sejumlah informasi yang diperoleh sebelum pembedahan adalah penting bagi keberhasilan operasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Paru

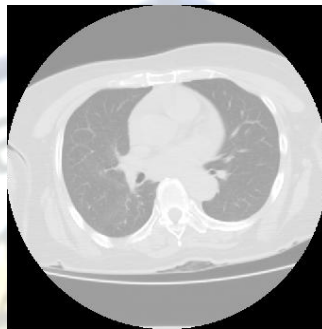
Paru adalah organ tubuh yang berupa sepasang kantong berbentuk bulat toraks, terdapat dalam rongga dada, berfungsi sebagai alat pernapasan untuk membersihkan darah dengan oksigen yang diisap dari udara pada manusia dan sebagian binatang. Paru terletak di dalam rongga dada bagian atas, di bagian samping dibatasi oleh otot dan rusuk dan di bagian bawah dibatasi oleh diafragma yang berotot kuat. Paru ada dua bagian yaitu paru kanan (*pulmo dekster*) yang terdiri atas 3 lobus dan paru kiri (*pulmo sinister*) yang terdiri atas 2 lobus. Paru dibungkus oleh dua selaput yang tipis, disebut *pleura*. Selaput bagian dalam yang langsung menyelaputi paru disebut pleura dalam (*pleura visceralis*) dan selaput yang menyelaputi rongga dada yang bersebelahan dengan tulang rusuk disebut pleura luar (*pleura parietalis*).



Gambar 1. Struktur paru

Citra CT

Modality adalah jenis *scanner* yang digunakan untuk menghasilkan citra medis. Terdapat beberapa jenis *modality* yang digunakan untuk menghasilkan citra medis seperti MRI, CT, dan PET. CT merupakan suatu modalitas yang memberikan informasi anatomi atau struktural dari seorang pasien. CT-Scan dapat menghasilkan lebih dari 100 irisan gambar berukuran 512×512 dengan ketebalan irisan sekitar 0.5 – 10 mm. Contoh Citra CT paru dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. citra ct paru dengan irisan axial

Active Contour

Active Contour yang juga banyak dikenal sebagai model *deformable* atau *snake* adalah metode yang digunakan untuk melakukan proses segmentasi dengan cara menempatkan sebuah kurva inisial di dalam sebuah citra. Kurva inisial tersebut kemudian dibiarkan berevolusi untuk meminimalisasi energi total yang didefinisikan pada obyek tersebut. Idealnya, energi pada obyek akan minimal apabila kontur mempunyai bentuk regular (halus) dan berada di obyek yang akan dideteksi. *Active contour* asli diperkenalkan oleh Kass et al pada akhir tahun 1988, di mana kontur berubah bentuk menjadi energi kontur yang minimal meliputi energi internal dari kontur dan energi eksternal dari citra. Dengan menggunakan metode variasi, energi internal dan eksternal yang dikonversi ke kekuatan internal dan eksternal untuk merubah bentuk kontur. Selama proses perubahan bentuk kontur, gaya internal berbasis kelengkungan (*curvature*) mempertahankan kehalusan (*smoothness*) dari kontur, sedangkan gaya eksternal berbasis gradien akan mengarahkan kontur menuju batas-batas area yang dikehendaki dalam citra. Perubahan bentuk kontur akan berhenti bila kontur mencapai jumlah minimum energi (keseimbangan gaya). Merepresentasikan *active contour* $v(s) = (x(s), y(s))$, kita dapat menulis energi fungsional sebagai :

$$E_{snake}^* = \int_0^1 E_{snake}(v(s)) ds$$

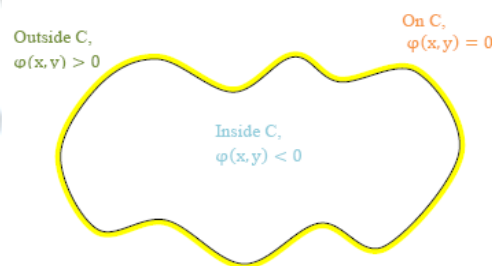
$$= \int_0^1 E_{int}(v(s)) + E_{image}(v(s)) + E_{con}(v(s)) ds$$

E_{int} mewakili energy internal yang lentur, sedangkan E_{image} adalah energi dari citra dan E_{con} adalah sebagai batasan eksternal dari energy. *Active contour* asli membutuhkan bimbingan pada proses inialisasi kontur dan pemilihan parameter deformasi yang benar. Kontur awal harus berada dekat dengan batas yang diinginkan untuk menghindari mencapai minimal energi setempat dan kontur tidak akan dapat berubah tanpa adanya energi tambahan dari luar.

Ada dua metode untuk *Active contour* yaitu *edge-based* dan *region-based* (Mahabadi, K. Navid, 2008). *Active contour* yang menggunakan *edge-based* adalah metode yang menggunakan deteksi tepi yaitu tergantung pada *gradien* gambar untuk menghentikan kurva berkembang di perbatasan dari obyek yang diinginkan. Sedangkan *region-based* bukan mencari tepi tetapi melakukan deteksi terhadap *foreground* dan *background* dari citra. Proses yang dilakukan adalah mulai dengan *mask* awal (misalnya persegi a) direpresentasikan dalam bentuk kurva tertutup, dan secara iteratif memodifikasi *mask* yang mengakibatkan operasi menyusut atau mengembang sampai dengan obyek yang diinginkan. Teori *Level set* adalah cara untuk menerapkan *active contour*. Fungsi *level set* $\varphi(x, y)$ merupakan dua dimensi *Lipschitz* fungsi dapat diterapkan untuk mewakili kontur. Kontur tertutup (C) secara implisit diwakili oleh nilai nol dari φ tersebut :

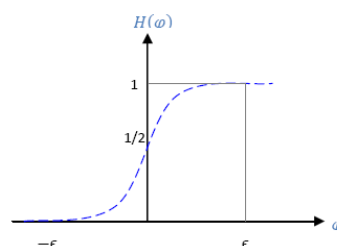
$$C = \{(x, y) : \varphi(x, y) = 0\} \forall (x, y) \in \Omega$$

Keuntungan menggunakan C (level nol dari φ) adalah bahwa kontur dapat didefinisikan sebagai perbatasan antara wilayah positif dan area negatif.



Gambar 3. Fungsi dari Level Set (Mahabadi, K. Navid, 2008)

Fungsi Heaviside dapat diterapkan untuk menentukan interior kurva C. fungsi ini bisa dinyatakan sebagai :



Gambar 4. fungsi heaviside (Mahabadi, K. Navid, 2008)

$$H(\varphi) = \begin{cases} 1 & \varphi > \epsilon \\ \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\varphi}{\epsilon} + \frac{1}{\pi} \sin \left(\frac{\pi \varphi}{\epsilon} \right) \right) & |\varphi| < \epsilon \\ 0 & \varphi < -\epsilon \end{cases}$$

Fungsi energi pada *active contour without edges* (Chan, 2001) dapat disajikan sebagai:

$$F = \mu \cdot \text{length}(C) + v \cdot \text{Area}(\text{inside}(C))$$

$$+ \lambda_1 \int_{\text{inside}} c |I(x, y) - u|^2 dx dy$$

$$+ \lambda_2 \int_{\text{inside}} c |I(x, y) - v|^2 dx dy$$

Dengan menggunakan *Heaviside* (H) dan fungsi Dirac $\text{Dirac} \left(\frac{dH(x)}{dx} \right)$, maka F energi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$+ \lambda_1 \int_{\text{inside}} c |I(x, y) - u|^2 H(\varphi(x, y)) dx dy$$

$$+ \lambda_2 \int_{\text{inside}} c |I(x, y) - v|^2 (1 - H(\varphi(x, y))) dx dy$$

Untuk nilai u dan v dapat dinyatakan dalam φ :

$$u = \frac{\int_{\Omega} I(x, y) H(\varphi(x, y)) dx dy}{\int_{\Omega} H(\varphi(x, y)) dx dy}$$

$$v = \frac{\int_{\Omega} I(x, y) (1 - H(\varphi(x, y))) dx dy}{\int_{\Omega} (1 - H(\varphi(x, y))) dx dy}$$

Nilai u dan v adalah sebagai daerah masing-masing interior dan eksterior, u dan v adalah rata-rata I dalam dan luar C . Dengan meminimalkan F kita dapat memperoleh formulasi set tingkat terakhir sebagai :

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = \left(\mu \cdot \text{div} \left(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|} \right) - v + \lambda_1 (I - v)^2 - \lambda_2 (I - u)^2 \right)$$

Dimana $\frac{\partial \varphi}{\partial t}$ dianggap sebagai *flow*. Juga μ , λ_1 dan λ_2 adalah konstanta. Selain itu istilah pertama dalam persamaan, $K = \text{div} \left(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|} \right)$ dianggap sebagai *curvature*.

Fungsi kelengkungan (kappa, K) dirumuskan sebagai berikut :

$$K(\varphi(x, y)) = \text{div} \left(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|} \right)$$

$$= \frac{\varphi_{xx}\varphi_y^2 - 2\varphi_x\varphi_y\varphi_{xy} + \varphi_{yy}\varphi_x^2}{(\varphi_x^2 + \varphi_y^2)^{3/2}}$$

Dimana dan adalah turunan urutan pertama dan kedua parsial φ terhadap x dan y dan φ_{xy} adalah turunan parsial dari φ terhadap x - y . Fungsi Kelengkungan diimplementasikan dengan menggunakan perbedaan ke segala arah :

$$\varphi_x = \varphi - \varphi_{shift_right}$$

$$\varphi_y = \varphi - \varphi_{shift_down}$$

$$\varphi_{xx} = \varphi_{shift_right} + \varphi_{shift_left} - 2\varphi$$

$$F = \mu \int_{\Omega} \delta(\varphi(x,y)) |\nabla\varphi(x,y)| dx dy + v \int_{\Omega} H(\varphi(x,y)) dx dy$$

$$\varphi_{yy} = \varphi_{shift_up} + \varphi_{shift_down} - 2\varphi$$

$$\varphi_{xy} = \frac{1}{4}(\varphi_{shift_up} + \varphi_{shift_down} -$$

$$\varphi_{shift_right} - \varphi_{shift_left})$$

Visualisasi Gambar

Visualisasi gambar biomedis melibatkan transformasi dan interaksi dengan kumpulan data gambar biomedis multi-dimensi. Ada beberapa metode yang digunakan oleh para peneliti dalam membuat tampilan obyek 3D, yang pada dasarnya dapat dikelompokkan dalam dua teknik: *surface rendering* dan *volume rendering* (Robb, 2000).

Surface rendering umumnya memerlukan ekstraksi kontur yang merupakan permukaan suatu struktur yang akan divisualisasi dan kemudian direpresentasikan dalam bentuk rangkaian poligon. Algoritma pengubinan kemudian diaplikasikan untuk meletakkan kepingan-kepingan poligon pada setiap titik kontur sehingga menghasilkan tampilan permukaan. Keuntungan dari teknik ini adalah kemampuan untuk menghasilkan tampilan gambar dengan cepat untuk jumlah data kontur yang cukup kecil. Sedangkan kerugiannya adalah terletak pada pendiskritan pada saat mengekstrak kontur maupun menempatkan poligon pada permukaan, sehingga mengurangi akurasi (Hohne. K. H., 1990).

Volume rendering adalah salah satu teknik yang berkemampuan tinggi dalam visualisasi maupun manipulasi gambar (Drebin, Carpenter et al. 1988; Levoy 1988; Cabral, Cam et al. 1994). Pada teknik ini tidak diperlukan adanya diskritasi dari permukaan, sehingga keutuhan dari data gambar volume terjaga dengan baik. Itulah sebabnya teknik ini dapat menghasilkan tampilan dengan kualitas tinggi, walaupun tentu saja implikasinya adalah waktu komputasi yang cukup lama.

Penelitian Terdahulu Untuk Segmentasi dan Visualisasi Paru

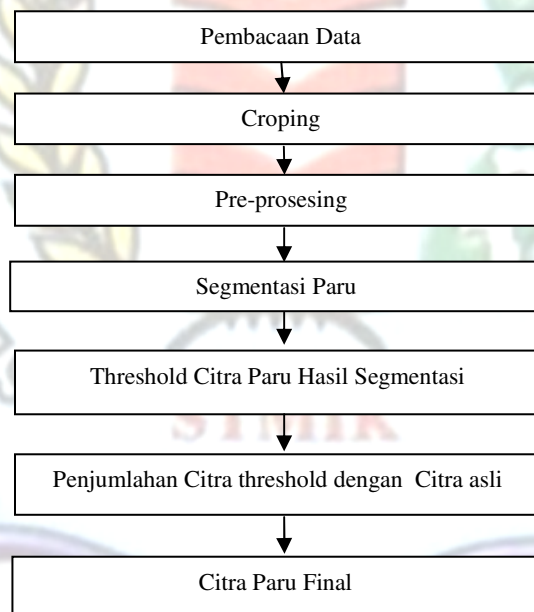
Selama beberapa tahun terakhir segmentasi nodul paru masih banyak dibicarakan oleh para peneliti. Salah satunya adalah penelitian tentang segmentasi paru yang dilakukan oleh Martin Dolej dan Jan Kybic (2004). Segmentasi yang dilakukan adalah pada setiap gambar 2-D dilakukan segmentasi gambar menggunakan *thresholding* dan operasi biner lanjutan.

Penelitian terdahulu yang berhubungan dengan visualisasi 3-D Citra medis adalah penelitian dari Yulia (2005), dengan judul visualisasi gambar biomedis tiga dimensi disertai aplikasi sistem informasi yang interaktif. Penelitian berikutnya adalah penelitian dari Wang Hongjian dengan judul ' *three-dimensional medical CT image reconstruction* (2009). Pada penelitian ini dilakukan rekonstruksi 3-D dari tubuh manusia dengan menggunakan irisan Citra CT 2-D dan citra digital.

DESAIN SISTEM

Segmentasi Paru

Tahapan-tahapan desain sistem untuk segmentasi paru dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Tahapan Dalam Desain Sistem Segmentasi Paru

Pembacaan Data

Pada program matlab untuk segmentasi dan visualisasi 3-D citra paru, perintah untuk membaca masing-masing citra dilakukan dengan sebuah perintah 'for loop', yaitu untuk membaca masing-masing *frame* pada suatu variabel yang bernama 'paru'.

Kroping Citra

Masing-masing citra CT dilakukan proses kroping sebelum proses deteksi dan visualisasi dilakukan. Alasan utama untuk melakukan ini adalah agar fokus pada citra paru saja yang dimaksud, karena citra paru menjadi organ utama pada masing-masing citra.

Pre-prosesing

Pre-prosesing citra dengan menggunakan *histogram equalization*, yang bekerja dengan memperbaiki kontras dari citra dengan meregangkan (*stretching*) distribusi intensitas dari citra atau merubah nilai pada *colormap* yang digunakan. Suatu citra dapat diproduksi dengan perkiraan menyesuaikan histogram spesifik. Pre-prosesing selanjutnya adalah proses filtering dengan menggunakan *Gaussian Lowpass Filter*. Ini dimaksudkan untuk menghilangkan *noise* (derau) dan menghaluskan fitur dari citra.

Segmentasi

Permasalahan segmentasi citra yang akan diselesaikan adalah bagaimana memisahkan antara bagian struktur paru dan jaringan lainnya pada satu irisan yang dicitrakan. Langkah-langkah dalam melakukan segmentasi :

1. Proses awal (preprosesing) adalah mengubah citra menjadi citra *grayscale* (190x260 *pixel*)
2. Segmentasi menggunakan *active contour without edge* :

- a. Melakukan inialisasi awal dari kontur aktif

$$C = \{(x,y) : \varphi(x,y) =$$

$$0\} \forall (x,y) \in$$

$$\Omega$$

- b. Menghitung nilai u dan v , yang merepresentasikan *interior* dan *eksterior region*

$$u =$$

$$\frac{\int_{\Omega} I(x,y)H(\varphi(x,y))dxdy}{\int_{\Omega} H(\varphi(x,y))dxdy}$$

- c. Menghitung Energi dari Fungsi kontur

$$FF = (I-v)^2 - \lambda_2(I-u)^2$$

- d. Menghitung *flow*

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = \frac{FF}{|FF|} +$$

$$\mu \cdot \text{Curvature}(\varphi)$$

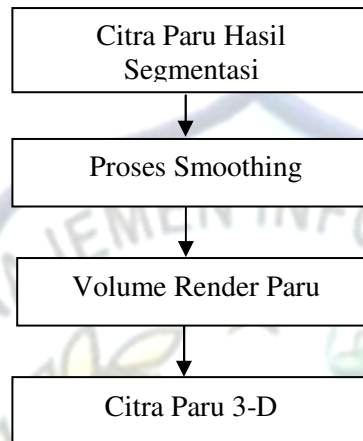
- e. Melakukan update terhadap kontur

$$\varphi^{t+1} = \varphi^t + \Delta t \cdot \text{flow}$$

- f. Melakukan proses terhadap langkah a,b,c,d sampai kondisi konvergen
3. Menyimpan hasil segmentasi ke dalam *file*, dengan ukuran menjadi 190x260 *pixel*

Visualisasi 3-D Citra Paru

Visualisasi 3-D citra paru meliputi tahapan-tahapan sebagai berikut:



Gambar 6. tahapan proses visualisasi 3-D

Proses Smoothing

Proses smoothing dilakukan untuk penghalusan citra 3-D dengan mengurangi ketidaknormalan yang disebabkan oleh deteksi tepi. Perintah yang digunakan adalah `smooth3`. Filter yang digunakan adalah default (box), dengan ukuran convolution kernel default adalah [3 3 3]. Citra yang dilakukan smoothing adalah citra paru hasil perkalian antara citra segmentasi dengan citra paru asli.

Volume Render Paru

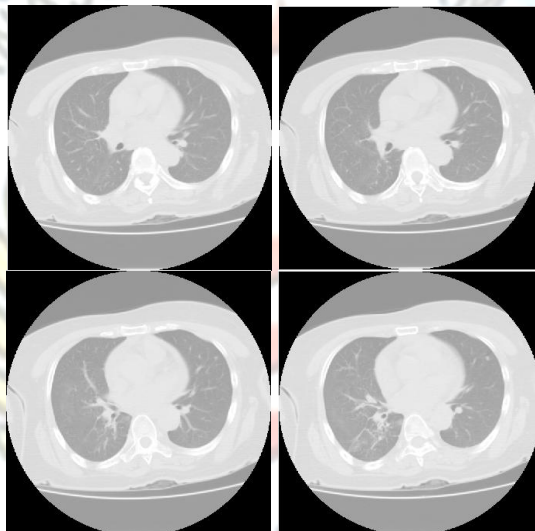
Volume rendering dilaksanakan dengan menggunakan modul dari *mathwork central*, dengan nama `vol3d.m`. Citra yang direndering adalah citra paru hasil proses smoothing. Dengan cara merender bidang tekstur *x,y,z* secara serempak. Rasio aspek data [1 1 0.6], yang berarti satu unit pada *x* sama dengan panjang satu unit pada *y* dan 0.6 unit pada *z*. Selanjutnya adalah menciptakan sebuah *alphamap* linear dengan menaikkan *opacity*. Hasil dari volume rendering paru ditampilkan menggunakan perintah `view(3)`, yang maksudnya adalah menampilkan bentuk 3d dengan `az=-37.5 el=30`.

HASIL DAN ANALISIS

Dataset

Untuk keperluan pengujian, data set yang digunakan adalah citra CT dari seorang pasien. Pencitraan dilakukan pada *CT-scan Thosiba TCT 300S*, salah satu fasilitas yang dimiliki rumah sakit di Bethesda Yogyakarta dengan menggunakan parameter pencitraan sebagai berikut:

- Citra multi-irisan yang terdiri dari bagian torak.
- Orientasi irisan axial dengan 343 irisan, dengan format jpg, dengan resolusi spasial 505x427 voxel. Contoh citra paru dari empat irisan axial yang berurutan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 contoh citra ct paru dari empat irisan axial yang berurutan

Hasil Cropping

Masing-masing citra CT dikropping pada baris 100 sampai dengan 290, dan kolom 125 sampai dengan 385. Ini telah menurunkan citra dari 427x505 ke 190x260. Gambar 8 menunjukkan citra CT hasil proses cropping.



Gambar 8 citra ct hasil cropping dan pengontrasan

Pre-prosesing

Pemrosesan awal citra meliputi : pembentukan citra *grayscale* dan pengontrasan menggunakan fungsi *imadjust*. Citra yang dijalankan dengan *imadjust* dapat dilihat pada gambar 8.

Filtering

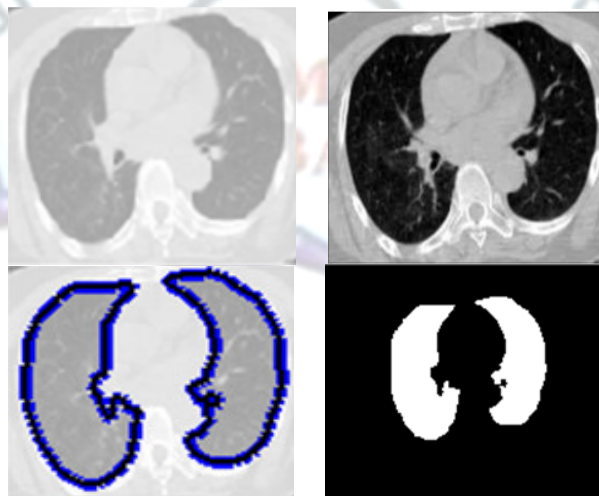
Sebuah contoh citra yang sudah difilter menggunakan *low pass filter*, dapat dilihat pada gambar 9. Proses ini diharapkan, dengan melakukan proses filtering dengan *lowpass filtering* akan membuat deteksi tepi lebih mudah.



Gambar 9 citra ct hasil filtering

Segmentasi Paru

Tahap segmentasi adalah tahapan untuk membagi citra menjadi beberapa bagian, dengan tujuan untuk mempresentasikan citra menjadi lebih memiliki arti dan memudahkan untuk melakukan analisis lebih lanjut. Proses segmentasi citra paru menggunakan metode *active contour without edge* dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 ilustrasi proses segmentasi citra paru untuk satu irisan

Tabel 1. Hasil Segmentasi Paru

No	Data Input	Jumlah Irisan	Segmentasi Paru	
			Berhasil	Gagal
1	PA1	38	34	4
2	PA2	24	23	1
3	PA3	32	28	4
4	PA4	32	30	2
5	PA5	44	41	3
6	PA6	20	18	2
7	PA7	25	24	1
8	PA8	43	39	4
9	PA9	45	40	5
10	PA10	40	38	2
Jumlah		343	315	28
Persen		100%	91,83%	8,17%

Hasil Threshold Citra Paru

Hasil dari proses *threshold* dari citra paru hasil segmentasi dapat dilihat pada gambar



Gambar 11 citra paru hasil *threshold*

Citra Paru Final

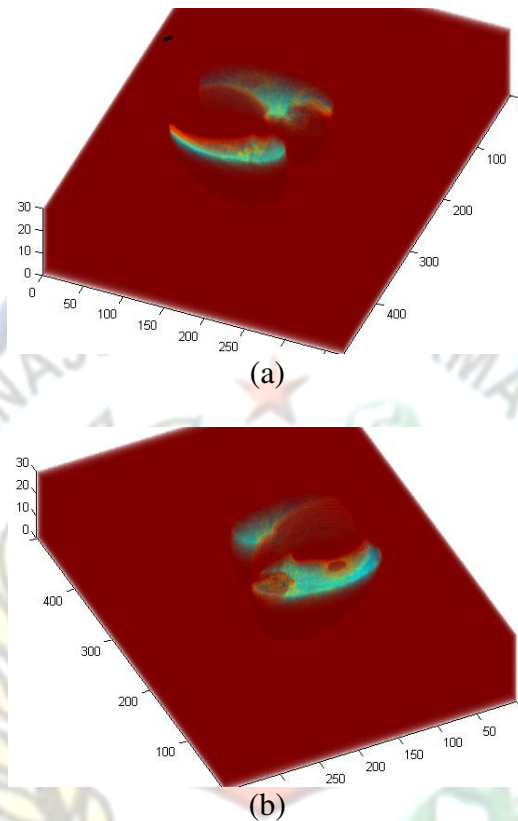
Citra paru final dihasilkan dari penjumlahan antar citra hasil *threshold* dengan citra paru asli



Gambar 12 citra paru final

Hasil Volume Rendering

Hasil dari Proses volume rendering dapat dilihat pada gambar 13. Pada gambar tampak jumlah dari artifak pada citra yang tidak merupakan bagian dari paru.



Gambar 13 citra paru 3-D hasil visualisasi

KESIMPULAN

Paper ini menerangkan metode segmentasi dan visualisasi 3-D citra paru pada citra CT. Pemrosesan awal citra untuk segmentasi meliputi: *histogram equalization*, *Gaussian Lowpass filter*, *cropping*. Citra Paru hasil segmentasi digunakan untuk visualisasi 3-D menggunakan *Volume rendering* dengan menggunakan modul dari *mathwork central*, dengan nama *vol3d*. Dengan menerapkan metode yang diusulkan, untuk 10 seri citra CT paru dengan jumlah total irisan sebanyak 343 irisan, berhasil disegmentasi sebanyak 315 atau 91,83% dan gagal sebanyak 28 irisan atau 8,17%. Untuk visualisasi 3-D, dari 10 seri citra CT paru, semua berhasil divisualisasi. Dalam visualisasi 3-D, citra paru kurang sempurna, hal ini dikarenakan citra paru yang disegmentasi juga dideteksi adanya ketidaknormalan pada citra paru. Ketidaknormalan pada citra paru dikarenakan citra paru yang digunakan adalah citra paru dari pasien yang menderita kanker paru. Selain itu jumlah irisan yang digunakan hanya sedikit.

DAFTAR PUSTAKA

- Buxton, B., L. Dekker, et al. (2000). "Reconstruction and Interpretation of 3D Whole Body Surface Images." Scanning 2000 Proceedings.
- Chan, Tony F., and Vese, Luminita A. (2001), "Active contour without edges", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 10, no. 2. (Journal)
- Drebin, R., L. Carpenter, et al. (1988). "Volume Rendering." SIGGRAPH '88: 665-674. (Journal)
- Hohne, K. H., M. Bomans, et al. (1990). "Rendering Tomographic Volume Data: Adequacy of Methods for Different Modalities and Organs." 3-D Imaging in Medicine F60: 197-215. (Journal)
- Ilaria Gori, *A Multi-Scale Approach to Lung Nodule detection in Computed Tomography*, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Pisa Italy, International Journal of Computer assisted Radiology and Surgery, Vol 2, Supplement 1, June 2007. (Journal)
- Jusuf A, Harryanto A, Syahrudin E, Endardjo S, Mudjiantoro S, Sutandio N. *Kanker paru jenis karsinoma bukan sel kecil . Pedoman nasional untuk diagnosis dan penatalaksanaan di Indonesia 2005*. PDPI dan POI, Jakarta, 2005. (Buku)
- Martin Dolejs, Jan Kybic, *The Lung TIME Annotated Lung Nodule Dataset and Nodule Detection Framework*, Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague, Czech Republic. (Journal)
- M. Syamsa Ardisasmita, *Segmentasi Dan Rekonstruksi Citra Organ Dalam Tiga Dimensi Menggunakan Matematika Morfologi Dan Triangulasi*, Pusat Pengembangan Teknologi Informasi Dan Komputasi BATAN. (Journal)
- Mahabadi, K. Navid (2008), "Region Based Image Segmentation Using Active Contours", Stockholm. (Buku)
- MathWorks, n.d., 'Matlab: The Language of Technical Computing', html page, viewed 25th October 2004. (URL Link)
- Robb, R. A. (2000). *3-Dimensional Visualization in Medicine and Biology*. Handbook of Medical Imaging: Processing and Analysis. I. N. Bankman. San Diego, Academic Press: 685-712. (Buku)
- Suprijanto, *Segmentasi Citra Secara Semi-otomatis Untuk Visualisasi Volumetrik Citra CT-scan Pelvis makara*, teknologi, vol. 13, no. 2, november 2009: 59-66. (Journal)
- Wang Hongjian, *Three-Dimensional Medical Ct Image Reconstruction*, Chongqing Engeering Technology Research Center for Information Management in Development, Chongqing Technology and Business, University, Chongqing, 400067, China, 2009. (Journal)
- Yulia, *Visualisasi Gamba Biomedis Tiga Dimensi Disertai Aplikasi Sistem Informasi Yang Interaktif*, Universitas Kristen Petra Surabaya. (Journal)