

SEGMENTASI CITRA MEDIS UNTUK PENGENALAN OBJEK KANKER MENGGUNAKAN METODE *ACTIVE CONTOUR*

Fakhrurrozi Basyid, Kusworo Adi

Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail:basyid238@gmail.com

ABSTRACT

Cancer diseases characterized by abnormal cell cycle, in which the body cells grow out of control (cell division beyond the normal limits) and invade nearby healthy tissue. Cancer cells are actively dividing sensitive to radiation exposure, so that cancer can be treated with a high dose of radiation that is commonly referred to radiotherapy. High-dose radiation is damaging tissue, therefore radiotherapy should be planned carefully. Dose in cancer cells should be precise and dangerous organs (organs at risk) should not receive high doses. Contouring is the process of determining the volume of cancer and other organs at risk. Research on contouring is done by developing a step-by-step algorithm that is able to localize the area detected as cancer and also borders cancer, so it is visually identifiable characteristics and forms of cancer. Active contour image segmentation methods used to separate and identify cancer cells with healthy cells. Active contour is able to recognize the limits of automatic edge, so as to know the boundary between cancer cells with healthy cells. Determination of volume and visualization of cancer is done by segmenting the image of each piece, then each piece of the image reconstruction process is carried out to obtain the volume visualization of cancer and dangerous organ in three dimensions. The results showed that the active contour segmentation method can perform image segmentation for multi-region with objects, objects that are close together but are sensitive to image noises.

Keywords : *cancer, radiotherapy, segmentation, active contour*

ABSTRAK

Penyakit kanker ditandai dengan kelainan siklus sel, dimana sel-sel tubuh tumbuh tidak terkendali (pembelahan sel melebihi batas normal) dan menyerang jaringan sehat di dekatnya. Sel-sel kanker yang aktif membelah peka terhadap paparan radiasi, sehingga penyakit kanker dapat diterapi menggunakan radiasi dosis tinggi yang biasa disebut dengan radioterapi. Radiasi dosis tinggi bersifat merusak jaringan, oleh karena itu radioterapi harus direncanakan dengan cermat. Dosis pada sel-sel kanker harus tepat dan organ-organ berbahaya (organ at risk) tidak boleh mendapat dosis yang tinggi. Contouring merupakan proses penentuan volume kanker dan organ lain yang berisiko. Penelitian tentang contouring dilakukan dengan mengembangkan tahap demi tahap algoritma yang mampu melokalisasi area yang dideteksi sebagai kanker dan juga batas tepi kanker, sehingga secara visual dapat dikenali karakteristik dan bentuk kanker. Segmentasi citra metode active contour digunakan untuk memisahkan dan mengenali sel-sel kanker dengan sel-sel sehat. Active contour mampu mengenali batas-batas tepi secara otomatis, sehingga dapat diketahui batas antara sel-sel kanker dengan sel-sel sehat. Penentuan volume dan visualisasi kanker dilakukan dengan mensegmentasi tiap potongan citra, selanjutnya tiap potongan citra dilakukan proses rekonstruksi hingga mendapatkan visualisasi volume kanker dan organ berbahaya secara tiga dimensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode segmentasi active contour dapat melakukan segmentasi untuk citra dengan objek multi region, objek yang saling berdekatan namun sensitif terhadap citra berderau.

Kata kunci : *kanker, radioterapi, segmentasi, active contour*

PENDAHULUAN

Kanker merupakan salah satu penyebab kematian utama dunia dan terhitung sekitar 7,6 juta (13%) angka kematian di tahun 2008. Di Amerika Serikat dan beberapa negara berkembang lainnya, kanker bertanggung jawab untuk sekitar 25% dari seluruh kematian. Dalam setahun, sekitar 0,5% dari populasi terdiagnosa kanker. Di Indonesia, kanker menjadi penyumbang kematian ketiga terbesar setelah penyakit jantung. Penyebab

utama kanker di negara Indonesia adalah pola hidup yang tidak sehat, seperti kurang olahraga, merokok, dan pola makan yang tak sehat [1].

Deteksi tepi (*edge detection*) pada suatu citra merupakan suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi dari objek-objek citra, tujuan dari deteksi tepi yaitu untuk menandai bagian yang menjadi detail citra dan atau untuk memperbaiki detail dari citra yang kabur, yang terjadi karena *error* atau adanya efek dari

proses akuisisi citra. Suatu titik (x,y) dikatakan sebagai tepi (*edge*) dari suatu citra bila titik tersebut mempunyai perbedaan yang tinggi dengan tetangganya [2]. Metode segmentasi *active contour* merupakan jenis deteksi tepi namun berbeda dengan deteksi tepi pada umumnya. Perbedaan tersebut diantaranya karakteristik dari *active contour* yang dapat melebar atau menyempit, selain itu *active contour* mampu mensegmentasi daerah sesuai yang telah dilokalisasi. Segmentasi citra merupakan proses membagi suatu citra menjadi wilayah wilayah yang homogen berdasarkan kriteria keserupaan tertentu antara tingkat keabuan suatu piksel dengan tingkat keabuan piksel-piksel tetangganya [3].

Metode segmentasi *active contour* dapat diaplikasikan untuk segmentasi kanker pada citra medis, proses penentuan volume kanker dan organ lain yang berisiko, dinamakan proses *contouring*. Penelitian tentang *contouring* dilakukan dengan mengembangkan tahap demi tahap algoritma yang mampu melokalisasi area yang dideteksi sebagai kanker payudara dan juga batas tepi payudara sehingga secara visual dapat dikenali karakteristik bentuk kanker payudara [4]. Kemudian penelitian tentang *contouring* kanker dilanjutkan dengan melakukan deteksi tepi citra pada CT scan untuk membedakan bagian otak yang normal dan abnormal [5]. Sedangkan pengembangan segmentasi citra secara otomatis menggunakan metode DRLSE [6].

Kanker merupakan penyakit yang ditandai dengan kelainan siklus sel, dimana sel memiliki kemampuan tumbuh tidak terkendali (pembelahan sel melebihi batas normal) menyerang jaringan biologis di dekatnya, bermigrasi ke jaringan tubuh yang lain melalui sirkulasi darah atau sistem limfatik (metastasis). Peningkatan jumlah sel tak normal umumnya membentuk benjolan yang disebut tumor ganas atau kanker. Tidak semua tumor bersifat kanker. Tumor yang bersifat kanker disebut tumor ganas, sedangkan yang bukan kanker disebut tumor jinak. Tumor jinak berbentuk gumpalan yang terbungkus dalam suatu wadah yang menyerupai kantong, sel tumor jinak

tidak menyebar ke bagian lain pada tubuh penderita [7].

Sel-sel kanker yang aktif membelah peka terhadap paparan radiasi, sehingga penyakit kanker dapat diterapi menggunakan radiasi dosis tinggi yang biasa disebut dengan radioterapi. Radiasi pengion akan merusak sel-sel kanker sehingga proses multiplikasi ataupun pembelahan sel-sel kanker akan terhambat [8]. Radiasi dosis tinggi bersifat merusak jaringan, oleh karena itu radioterapi harus direncanakan dengan cermat. Dosis pada sel-sel kanker harus tepat dan organ-organ berbahaya (*organ at risk*) tidak boleh mendapat dosis yang tinggi. Pelaksanaan perlakuan radiasi untuk sel kanker harus tepat dan tidak mengenai jaringan sehat, untuk perencanaan radioterapi membutuhkan perlakuan khusus yang disebut dengan *Treatment Planning System (TPS)* [9].

Proses TPS diawali dengan mendapatkan citra pasien dengan proses *imaging*, selanjutnya, citra medis dari pasien dilakukan penentuan volume kanker dan volume organ tubuh yang mungkin terpapar radiasi. Target volume dalam radioterapi ada beberapa jenis, yaitu *Gross Tumour Volume (GTV)*, *Clinical Target Volume (CTV)*, *Internal Target Volume (ITV)* dan *Planning Target Volume (PTV)*. Hal ini dilakukan untuk memperoleh hasil terapi yang optimal dan distribusi dosis yang merata [10].

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya merupakan pembuatan kontur citra untuk 2D dan 3D secara manual. Padahal volume kanker dapat dipastikan berupa 3D dan memiliki sebaran yang tidak merata [11]. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan untuk menentukan volume kanker dengan merepresentasikan lokasi dan bentuk kanker secara 3D baik untuk GTV, CTV, PTV dan *organ at risk* dengan menggunakan metode segmentasi *active contour*, sehingga hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai alternatif penentuan target volume yang akan memudahkan pelaksanaan radioterapi dalam

menentukan luas lapangan dan besarnya dosis radioterapi.

LANDASAN TEORI

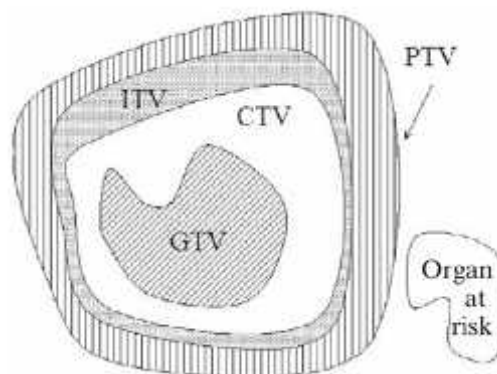
Kanker

Kanker terjadi saat sel-sel dalam tubuh membelah diri secara tidak terkendali. Sel-sel abnormal ini kemudian menyerang jaringan terdekat, atau berpindah ke daerah yang jauh dengan cara masuk ke dalam pembuluh darah atau sistem limpatik [1].

Agar tubuh manusia berfungsi secara normal, setiap organ tubuh harus memiliki sejumlah sel tertentu. Sel-sel ini dalam sebagian besar organ, memiliki usia yang pendek, dan untuk menjaga fungsi tubuh, sel-sel ini harus digantikan melalui proses pembelahan sel. Pembelahan sel dikendalikan oleh gen yang terletak pada inti sel. Gen berfungsi seperti buku instruksi yang memerintahkan sel, protein apa yang harus dibuat, bagaimana cara sel membelah dan berapa lama usia mereka. Kode genetik ini bisa rusak akibat beberapa faktor yang kemudian menimbulkan cacat dalam buku instruksi tersebut. Cacat ini dapat secara dramatis mengubah fungsi sel. Bukannya berhenti, namun bisa saja sel terus menerus membelah diri, bukannya mati, sel tersebut bisa saja terus bertahan hidup [1].

Jenis Volume

Definisi Volume merupakan prasyarat untuk rencana perawatan secara 3-D untuk memperoleh dosis yang akurat. ICRU Report No 50 dan 62 menjelaskan beberapa sasaran dan volume struktur kritis yang membantu dalam proses perencanaan pengobatan dan memberikan dasar untuk perbandingan hasil pengobatan. Volume berikut telah didefinisikan sebagai volume utama yang berkaitan dengan perencanaan perawatan 3-D: GTV, CTV, ITV dan PTV. Gambar 1 menunjukkan bagaimana volume yang berbeda terkait satu sama lain [9].



Gambar 1. Representasi grafis volume kanker [9].

Dari Gambar 1 menjelaskan 5 jenis volume, yaitu *Gross Tumor Volume* (GTV) merupakan ukuran seberapa besar kanker terlihat atau dapat dibuktikan luas dan lokasi pertumbuhan kanker tersebut. *Clinical Target Volume* (CTV) adalah volume jaringan yang berisi GTV yang telah dibuktikan atau penyakit ganas mikroskopis sub-klinis yang harus dihilangkan. *Internal Target Volume* (ITV), ITV terdiri dari CTV ditambah margin internal, volume ITV dapat bervariasi karena gerakan organ seperti pernapasan dan kandung kemih. *Planning Target Volume* (PTV) merupakan konsep geometris yang didefinisikan untuk peradiasi volume kanker yang tepat, dengan mempertimbangkan efek bersih dari semua variasi geometris, dalam rangka untuk memastikan bahwa dosis yang ditentukan untuk membunuh kanker diserap. *Organ at risk* atau organ yang beresiko merupakan organ yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap radiasi, mudah mengalami kerusakan bila terpapar oleh radiasi [9].

Representasi Kontur

Representasi kontur dapat berupa senarai tepi (*edge list*) atau berupa kurva. Senarai tepi terdiri dari himpunan terurut piksel-piksel tepi. Representasi kontur ke dalam kurva merupakan representasi yang kompak dan mangkus untuk analisis citra. Misalnya, rangkaian piksel tepi yang membentuk garis dapat direpresentasikan hanya dengan sebuah persamaan garis lurus. Representasi tersebut menyederhanakan

perhitungan selanjutnya seperti arah dan panjang garis [12].

Derau pada Citra

Pada saat proses akuisisi data (pengambilan citra), ada beberapa gangguan yang dapat terjadi, seperti kamera tidak fokus atau munculnya bintik-bintik yang bisa jadi disebabkan oleh proses *capture* yang tidak sempurna. Gangguan pada timbul pada citra dinamakan dengan derau (*noise*). Derau pada citra tidak hanya terjadi karena ketidak-sempurnaan dalam proses akuisisi, tetapi juga bisa dikarenakan oleh kotoran-kotoran yang terjadi pada citra. Berdasarkan bentuk dan karakteristiknya, derau pada citra dibedakan menjadi beberapa macam yaitu *gaussian*, *speckle* dan *salt & pepper* [13].

Metode Active Contour

Active contour merupakan metode segmentasi menggunakan model kurva tertutup yang dapat bergerak melebar ataupun menyempit. *Active contour* mula-mula diperkenalkan oleh Kass, et al dan diberi nama *snakes*. *Active contour* dapat bergerak melebar ataupun menyempit dengan cara meminimumkan energi citra menggunakan tenaga eksternal, serta dipengaruhi juga oleh ciri citra tersebut seperti garis ataupun tepi (*edge*), energi yang mempengaruhi *active contour* diformulasikan seperti pada persamaan 1 [3]:

$$E = \int_0^1 E_{int}(\vec{x}(s))ds + \int_0^1 E_{ext}(\vec{x}(s))ds \quad (1)$$

di mana E_{int} adalah energi internal yang dipengaruhi oleh lekuk obyek, sedangkan E_{ext} adalah energi eksternal yang akan menarik *contour* baik melebar ataupun menyempit menuju ke obyek yang dikehendaki. $\vec{x}(s)$ adalah sebuah kurva dalam ruang dua dimensi yaitu $\vec{x}(s) : [0,1] \rightarrow \mathbb{R}^2$. Energi internal dituliskan sebagai formula:

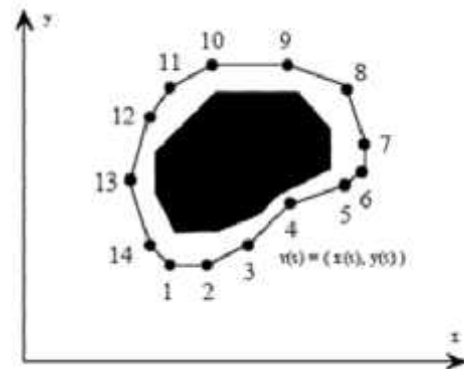
$$E_{int} = \left(r(s) \left| \vec{x}_s(s) \right|^2 + s(s) \left| \vec{x}_{ss}(s) \right|^2 \right) / 2 \quad (2)$$

Nilai $r(s)$ serta $s(s)$ menentukan pergerakan kurva di mana suku pertama menyebabkan kurva bergerak seperti membran dan suku kedua

menyebabkan kurva bergerak seperti plat yang tipis. Sedangkan energi eksternal diformulasikan:

$$E_{ext} = \left| \nabla G(\vec{x}(s)) \right|^2 \quad (3)$$

di mana G adalah citra yang hendak disegmentasi. Sistem ini terdiri dari sekumpulan titik yang saling berhubungan dan terkontrol oleh garis lurus, seperti tampak pada Gambar 2.4. *Active contour* digambarkan sebagai sejumlah titik terkendali yang berurutan satu sama lain. Penentuan obyek dalam citra melalui *active contour* merupakan proses interaktif. Pengguna harus memperkirakan initial kontur, seperti tampak pada gambar 2, kontur yang ditentukan hampir mendekati bentuk fitur objek, kontur akan tertarik kearah fitur di dalam citra karena pengaruh energi internal yang menghasilkan citra [3].



Gambar 2. *Active contour* sebagai sekumpulan titik koordinat terkendali [3]

Sensitivitas Segmentasi

Sensitivitas *edge detector* terhadap derau dapat diukur dengan menggunakan parameter *error rate* sebagai berikut:

$$P = \frac{|n_N - n_R|}{n_R} \quad (4)$$

di mana:

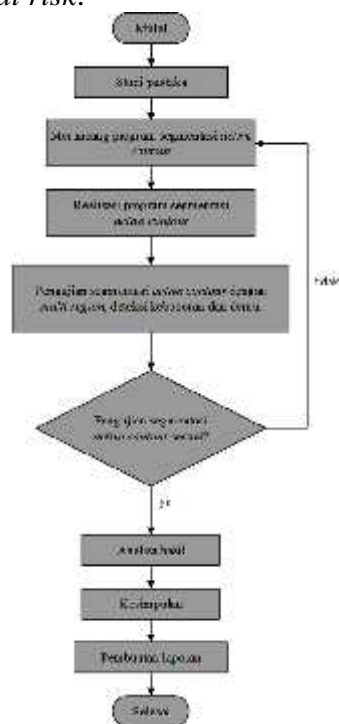
n_R = jumlah piksel yang dinyatakan sebagai *edge* pada citra referensi

n_N = jumlah piksel yang dinyatakan sebagai *edge* pada citra *noisy*

Nilai P yang besar menyatakan sensitivitas *edge detector* yang tinggi terhadap noise [14].

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan *active contour*. Tahapan penelitian diawali dengan studi pustaka mengenai *treatment planning system* dalam radioterapi yang digunakan untuk menentukan target volume kanker. Metode segmentasi *active contour* digunakan untuk penentuan empat jenis volume, GTV, CTV, PTV dan *organ at risk*.



Gambar 3. Diagram alir tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kontur Citra

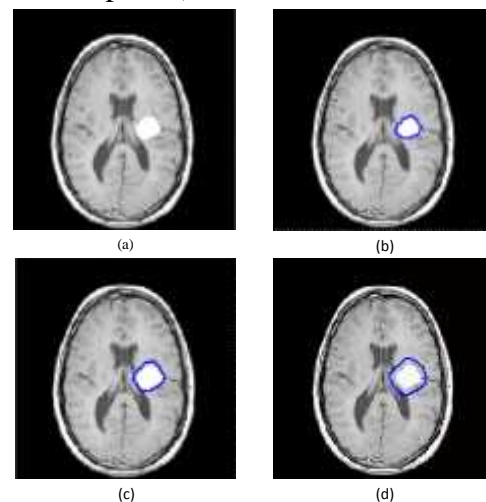
Kontur citra 2D merupakan proses lokalisasi target volume yang menjadi bagian dari perencanaan radioterapi, sehingga target volume memperoleh dosis yang homogen dan organ di sekitar target volume yang mempunyai sensitivitas terhadap radiasi mendapatkan dosis yang serendah mungkin.

Proses kontur citra 2D ini terdiri dari penentuan daerah volume, yaitu *Gross Tumor Volume* (GTV), *C linical Target Volume* (CTV), *Planning Target Volume* (PTV) dan *organ at risk* (OR). Beberapa proses kontur citra yaitu menampilkan citra asli, segmentasi, menampilkan dan visualisasi kontur secara 3D.

Kontur 2D GTV, CTV dan PTV

Proses kontur 2D dimulai dengan segmentasi *Gross Tumor Volume* (GTV) pada target volume utama dari tumor primer pada setiap *slice* citra aksial. *Gross Tumor Volume* (GTV) merupakan ukuran seberapa besar tumor terlihat atau dapat dibuktikan luas dari tumor tersebut dan lokasi pertumbuhan tumor yang ganas. *Clinical Target Volume* (CTV) merupakan volume jaringan yang berisi GTV yang telah dibuktikan atau penyakit ganas mikroskopis sub-klinis yang harus dihilangkan. CTV biasanya meliputi wilayah yang berbatasan langsung dengan GTV, yang mungkin mengandung penyakit mikroskopis dan daerah lain dianggap berisiko dan memerlukan pengobatan (akar kanker pada jaringan sehat).

Kontur PTV dimulai dengan proses segmentasi GTV, luasan dari GTV dijadikan inialisasi *masking* untuk penentan CTV pada tiap *slice* selanjutnya PTV didapat dari inialisasi *masking* menggunakan CTV (PTV= CTV + 2 piksel) [9].



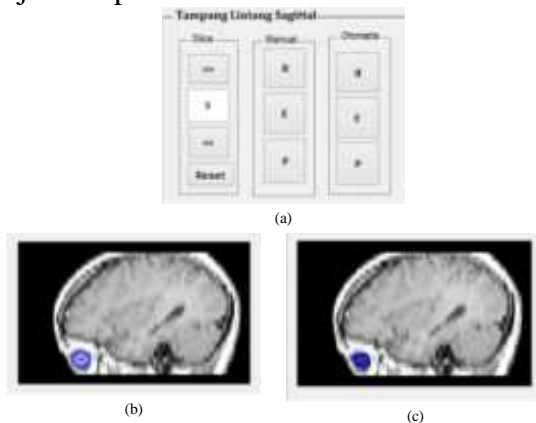
Gambar 4. Proses *contouring* PTV untuk tiap *slice*

Gambar 4. merupakan proses *contouring* pada *slice* enam belas. Dimulai dengan memanggil citra pada Gambar 4.4 (a) Menampilkan citra kanker, (b) Menampilkan segmentasi GTV, (c) Menampilkan segmentasi CTV dan (d) Menampilkan hasil kontur PTV. Pada penelitian didapatkan luasan GTV

sebesar 150 piksel, CTV sebesar 241 piksel dan PTV sebesar 345 piksel dengan resolusi spasial 2 piksel / cm.

Kontur 2D Organ at Risk

Proses pembuatan kontur *organ at risk* ini sama dengan proses contouring PTV. Berikut proses contouring pada mata (*lens of eye*) ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses contouring organ at risk pada tiap slice

Gambar 5 menjelaskan tentang proses contouring organ at risk. Diawali dengan memanggil citra mri, dilanjutkan dengan mengkontur bagian organ at risk yang terletak dekat kanker, kontur menggunakan segmentasi metode *active contour*, sehingga batas objek terpilih secara otomatis dan selanjutnya proses menampilkan hasil kontur 2D organ at risk. Pada posisi *axial* organ at risk dilakukan contouring pada slice dua sampai slice enam (2-6), pada posisi *sagittal* pada slice tujuh sampai slice tiga belas dan slice dua puluh tiga sampai slice dua puluh sembilan (7-13 dan 23-29), sedangkan posisi *coronal* pada slice empat puluh satu sampai slice empat puluh lima (41-45).

Organ at risk tersebut merupakan organ yang sensitif terhadap radiasi, sehingga memungkinkan dosis yang diterima akan lebih berpengaruh secara signifikan apabila melebihi batas toleransi. Oleh karena itu diperlukan *planning* terhadap organ yang berbahaya terhadap radiasi dan menimbulkan efek yang merusak organ yang berbahaya tersebut, sehingga batas toleransi

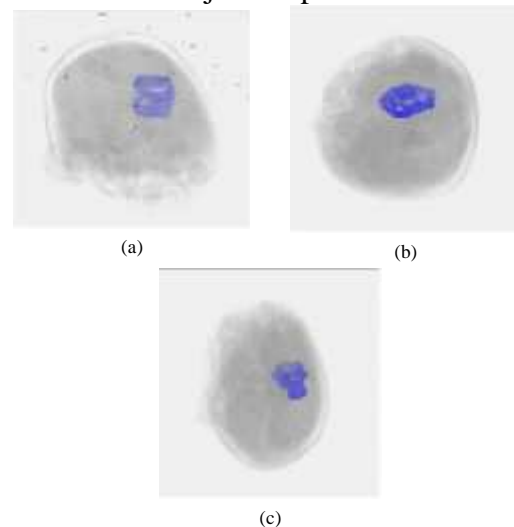
yang diterima mata tidak boleh melebihi batas ambang yang telah ditetapkan (10 Gy) [15].

Kontur Citra 3D

Proses kontur citra 3D diawali dengan memanggil data kontur 2D yang disimpan, dimana data kontur sebelumnya merupakan hasil dari segmentasi menggunakan *active contour*. Namun sebelum melakukan proses kontur citra mri 3D pada kepala akan ditampilkan dalam bentuk kepala manusia secara menyeluruh, sehingga dapat ditampilkan kontur 3D *Gross Tumor Volume (GTV)*, *Clinical Target Volume (CTV)* dan *Planning Target Volume (PTV)* secara keseluruhan.

Kontur 3D GTV, CTV dan PTV

Proses pembentukan kontur 3D *Planning Target Volume (PTV)* merupakan salah satu bagian dari proses perencanaan radioterapi, yang dilakukan untuk mengetahui data pasien, koreksi dan set up dalam proses pengobatan radioterapi. PTV didapat dari CTV dijumlah dengan GTV dan faktor koreksinya ($PTV = GTV + CTV + 4$ piksel). Penentuan target volume *Planning Target Volume (PTV)* dapat dilakukan dengan melihat potongan dari setiap slice, sehingga dapat diketahui volume kanker yang akan dilakukan pengobatan. Berikut tampilan kontur 3D posisi *axial*, *sagittal* dan *coronal* PTV ditunjukkan pada Gambar 6.

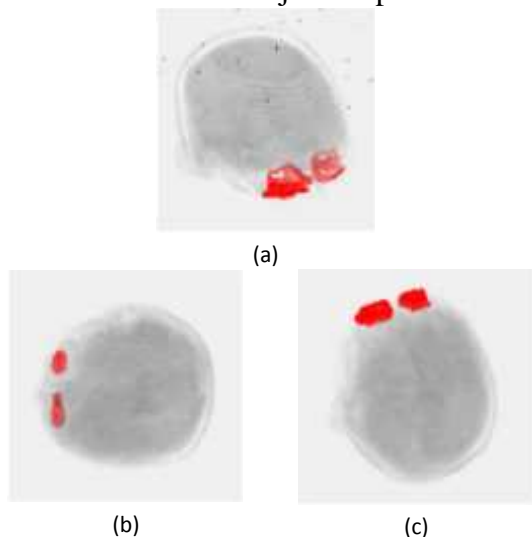


Gambar 6. Citra hasil kontur 3D (a) posisi *axial* PTV, (b) posisi *sagittal* PTV dan (c) posisi *coronal* PTV

Berdasarkan proses kontur 3D PTV yang ditunjukkan pada Gambar 6, dapat diketahui lokasi dan volume tumor serta menunjukkan hasil kontur dan visualisasi 3D PTV yang digabung dengan citra kepala secara keseluruhan.

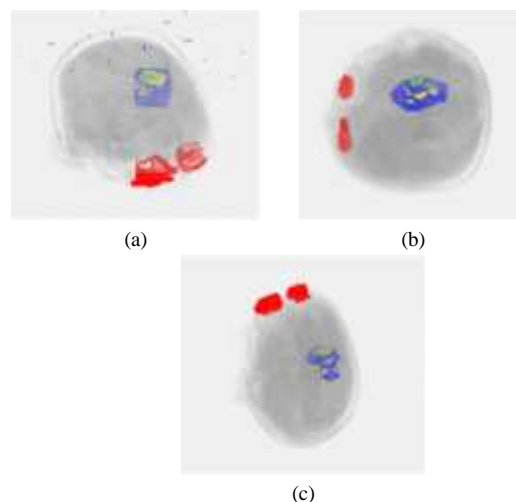
Kontur 3D Organ at risk

Perencanaan kontur 3D organ at risk perlu dilakukan agar organ yang berbahaya terhadap radiasi dapat terlokalisasi sehingga dosis yang diterima tetap bisa diterima serta tidak menimbulkan gangguan ataupun kerusakan pada organ tersebut. Organ at risk pada kanker otak meliputi kedua mata (*lens of eye*) kanan dan kiri. Berikut hasil kontur 3D dari organ at risk yang terdapat pada kanker otak pada posisi axial, sagittal dan coronal ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Citra hasil kontur 3D organ at risk (a) posisi axial OR, (b) posisi sagittal OR dan (c) posisi coronal OR

Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui organ at risk yang terdapat di kepala. Hasil kontur 3D organ at risk dapat dijadikan sebagai proses perencanaan radioterapi, sehingga organ yang berbahaya tersebut mendapat dosis radiasi yang tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan. Berikut kontur citra 3D GTV, CTV, PTV dan organ at risk ditampilkan pada Gambar 4.8.



Gambar 8. Citra hasil kontur 3D CTV, GTV PTV dan organ at risk (a) posisi axial OR, (b) posisi sagittal OR dan (c) posisi coronal OR

Gambar 8 menunjukkan volume kanker pada PTV dan organ at risk. Pada gambar tersebut menunjukkan bagian organ yang harus memperoleh dosis yang tinggi dan bagian organ yang harus memperoleh dosis yang rendah, sehingga dapat diketahui batas antara organ yang harus memperoleh dosis yang tinggi yaitu pada bagian PTV serta meminimalkan dosis pada organ at risk. Karena volume kanker dapat dilokalisasi dengan tepat dan organ yang berbahaya di sekitar kanker memperoleh dosis yang tidak melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan.

KESIMPULAN

Metode segmentasi active contour dapat melakukan segmentasi untuk berbagai jenis sampel citra. Active contour mampu melakukan segmentasi citra pada objek multi region dan objek yang saling berdekatan namun sensitif terhadap derau.

Hasil aplikasi metode segmentasi active contour untuk segmentasi kanker dan visualisasi jenis volume didapatkan hasil kontur 4D empat jenis volume, yaitu organ at risk (OR), Gross Tumor Volume (GTV), Clinical Target Volume (CTV), Planning Target Volume (PTV) menghasilkan keluaran berupa rekonstruksi target volume dalam bentuk 3D

sehingga penentuan dosis radioterapi menjadi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jemal, A., Murray, T., Ward, E., Samuels, A., Ram C.T., Ghafoor, A., Eric, J.F and Michael, J.T, 2008. *CA A Cancer Journal for Clinicians*. US: Atlanta.
- [2] Gonzalez, R.C. dan Woods R.E. 2004. *Digital Image Processing Second Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- [3] Caselles, V., Kimmel, R. and Sapiro, G, 1997, *Geodesic Active Contours*. International Journal of Computer Vision.
- [4] Indrati, A., Madenda, S dan Missaoui, R. 2009. *Representasi Bentuk Tumor Payudara Dengan Kode Rantai*. Yogyakarta: Universitas Gunadarma.
- [5] Nurhasanah. 2012. *Pendeteksian Tepi Citra CT Scan dengan Menggunakan Laplacian of Gaussian (LOG)*. Jurusan Fisika, vol. II, hal. 7-22. Pontianak: Fakultas Matematika. Universitas Tanjungpura.
- [6] Noor, A.F. 2012. *Kemampuan Segmentasi Menggunakan Metode Drlse (Distance Regularized Level Set Evolution) Terhadap Pengaruh Derau*. Youngster Physics Journal Vol 1, No 1. Semarang: Fakultas Sains dan Matematika. Universitas Diponegoro.
- [7] Syeh, H.A., 2011, *Pengembangan Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT) untuk Rekonstruksi Citra dan Diagnosis Kanker Payudara*. Depok: Program Studi Fisika. Universitas Indonesia.
- [8] Tjokronagoro, M., 2001, *Biologi Sel Tumor Maligna*. Fakultas Kedokteran. Yogyakarta : UGM.
- [9] Podgorsak E.B., 2005, *External Photon Beams : Physical Aspects in Radiation Oncology Physics: A Hand Book for Taechers and Student*, Vienna. Austria : Publishing Section IAEA.
- [10] Palta, J.R., 1996, *Quality Assurance for Radiotherapy Equipment, Proceeding of the Summer School on Teletherapy : Present and Future*, Advanced Medical Publishing, Medison, Wisconsin, 507-524.
- [11] Aisyah, S. 2013. *Pembuatan Program Rekonstruksi Kontur Citra 3d Pada Organ Menggunakan Matlab 2008a*. Youngster Physics Journal Vol.2, No.4. Semarang: Fakultas Sains dan Matematika. Universitas Diponegoro.
- [12] Munir, R. 2004. *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika.
- [13] Susilawati, I. 2009. *Teknik Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Mercuri Buana.
- [14] Sutojo, T. 2009. *Perbandingan Sensitivitas Filter Deteksi Tepi Sobel Dengan Filter Deteksi Tepi Prewitt untuk Citra Yang Mengandung Noise Gaussian*. ISSN:1412-2693. Semarang: LPPM. Universitas Dian Nuswantoro.
- [15] Barret, A., Dobbs, J., Morris, S and Roques, T. 2009. *Practical Radiotherapy Planning*. Hodder Arnold, an imprint of Hodder Education, an Hachette UK Company.