

**SEGMENTASI TULANG SELANGKA PADA CITRA X-RAY THORAX
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LEVEL SET**

SKRIPSI

Oleh:

MARISQA AINI

NIM. 07650054



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG**

2013

**SEGMENTASI TULANG SELANGKA PADA CITRA X-RAY THORAX
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LEVEL SET**

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

**Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

Oleh:

**MARISQA AINI
NIM. 07650054**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG**

2013

**SEGMENTASI TULANG SELANGKA PADA CITRA X-RAY THORAX
DENGAN MENGGUNAKAN METODE LEVEL SET**

SKRIPSI

Oleh:

**MARISQA AINI
NIM. 07650054**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 26 Januari 2013

Pembimbing I

Pembimbing II

**Ir. M. Amin Hariyadi, M.T
NIP. 19670118 200501 1 001**

**Ach. Nasichuddin, M.A
NIP. 19730705 200003 1 002**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika

**Ririen Kusumawati, M.Kom
NIP. 19720309 200501 2 002**

SEGMENTASI TULANG SELANGKA PADA CITRA X-RAY THORAX DENGAN MENGGUNAKAN METODE LEVEL SET

SKRIPSI

Oleh:

MARISQA AINI
NIM. 07650054

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Tanggal: 10 Januari 2013

Susunan Dewan Penguji:

Tanda Tangan

- | | | | | |
|------------------------|---|----------------------------------|---|---|
| 1. Penguji Utama | : | <u>Dr. Cahyo Crysdian</u> | (|) |
| | | NIP. 19740424 200901 1 008 | | |
| 2. Ketua Penguji | : | <u>Ririen Kusumawati, M.Kom</u> | (|) |
| | | NIP. 19720309 200501 2 002 | | |
| 3. Sekretaris Penguji: | | <u>Ir. M. Amin Hariyadi, M.T</u> | (|) |
| | | NIP. 19670118 200501 1 001 | | |
| 4. Anggota Penguji | : | <u>Ach. Nasichuddin, M.A</u> | (|) |
| | | NIP. 19730705 200003 1 002 | | |

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Ririen Kusumawati, M.Kom
NIP. 19720309 200501 2 002

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Marisqa Aini

NIM : 07650054

Fakultas / Jurusan : Sains Dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Penelitian : **Segmentasi Tulang Selangka pada Citra X-Ray Thorax
Dengan Menggunakan Metode Level Set**

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 10 Januari 2013

Yang Membuat Pernyataan,

Marisqa Aini

07650054

MOTTO

“Knowledge cannot replace friendship”



LEMBAR PERSEMBAHAN

Sujud syukur ku kepada Allah SWT atas limpahan karunia dan cinta-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan ini. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah SAW yang membawa umatnya dari kesesatan menuju jalan terang.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang-orang terkasih yang selalu mendo'akan dan melimpahkan kasih sayang dan cintanya kepadaku:

Ibuku Nuriyamah, Bapakku Mas Djoko Prajitno, Kakakku Reny Dian Fajarwati dan Yanuar Arief Prasetyo serta keluarga besarku

Sebagai bukti kasih sayang dan tanggungjawab yang telah diberikan..terimakasih atas segala do'a dan pengorbanannya selama ini yang tidak bisa tergantikan oleh apapun dan siapapun.

Bara, Dzik, Ipiet, Kunti, Nurfan, Ratri, Rina, Ucho dan Uma

Kalian memang teman terbaik ☺

Seseorang

Terimakasih telah memberikan masukan serta motivasi

Teman-teman Teknik Informatika kelas B 2007

Semangat!! Perjuangan kita belum selesai..

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil ‘alamin. Segala puji penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayahNya serta tidak lupa sholawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad Sallallahu ‘Alaihi Wassalam yang telah memberikan cahaya petunjuk kepada umat manusia, sehingga skripsi yang berjudul “Segmentasi Tulang Selangka Pada Citra *X-Ray Thorax* Dengan Menggunakan Metode *Level Set*” dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis haturkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, khususnya kepada:

1. Ir. M. Amin Hariyadi, M.T selaku Dosen Pembimbing dan Dosen Wali, yang telah memberi masukan, saran serta bimbingan dalam proses menyelesaikan skripsi ini.
2. Ach. Nasichuddin, M.A selaku Dosen Pembimbing Integrasi Sains dan Islam, yang telah memberi masukan, saran serta bimbingan dalam proses menyelesaikan skripsi ini.
3. Ririen Kusumawati, M.Kom selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Prof. Dr. Sutiman Bambang Sumitro, S.U, D.Sc selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Prof. Dr. Imam Suprayogo selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Teknik Informatika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengajarkan dan memberikan banyak ilmu, semoga ilmu tersebut dapat penulis terapkan dan bermanfaat di dunia dan akhirat.
7. Kedua orang tuaku Drs. Mas Djoko Prajitno dan Nuriyamah, S.Pd serta seluruh keluarga yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan dorongan baik moral, spiritual maupun material dalam penyelesaian skripsi ini.

8. Dan seseorang yang telah memotivasi, memberikan dorongan dalam pengerjaan skripsi ini.
9. Teman-teman Teknik Informatika angkatan 2007 khususnya kelas B serta anak-anak IOC.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terimakasih telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis sadar skripsi ini jauh dari kata sempurna, karena kesempurnaan itu hanya milik Allah SWT semata. Jika ada saran dan kritik yang membangun sehubungan dengan skripsi ini, dengan senang hati penulis akan menerimanya. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis khususnya serta pembaca umumnya.

Malang, 10 Januari 2013

Marisqa Aini
07650054

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xv
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Penelitian	3
1.4.2 Manfaat Penelitian	4
1.5 Metode Penelitian	4
1.5.1 Persiapan Penulisan dan Studi Literatur	4
1.5.2 Perencanaan dan Pembuatan Sistem	4
1.5.3 Penulisan dan Pembuatan Laporan	4
1.6 Sistematika Penyusunan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 6
2.1 <i>Digital Image Processing</i> (Pengolahan Citra Digital)	6
2.2 Segmentasi gambar	8
2.3 Citra Berwarna	10
2.4 Citra Grayscale	11
2.5 Citra Biner	12
2.6 <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization</i> (CLAHE)	13
2.7 <i>High-Boost Filter</i>	14
2.8 Metode <i>Level Set</i>	16
2.8.1 Penelitian Terdahulu	20
2.9 Validasi	21
2.10 Rangka Tubuh Manusia	23
2.11 Tulang Selangka (<i>Clavicle/Collarbone</i>)	25
2.11.1 Tulang Manusia di dalam Al-Qur'an	27
2.12 Citra X-ray Rongga Dada (<i>Thorax</i>)	31

BAB III PERANCANGAN SISTEM	35
3.1 Deskripsi Sistem	35
3.2 Perancangan Sistem	36
3.2.1 <i>Input</i> citra.....	37
3.2.2 <i>Preprocessing</i> (Proses Awal)	37
3.2.3 Analisis Segmentasi dengan <i>Level Set</i>	41
3.2.4 Validasi	42
3.3 Perancangan Antarmuka	43
3.3.1 Antarmuka Menu Utama	43
3.3.2 Antarmuka Menu Validasi.....	44
3.3.3 Antarmuka Menu Bantuan.....	46
3.3.4 Antarmuka Menu Pembuat.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Implementasi Antarmuka dan Sistem	48
4.1.1 Implementasi Antarmuka dan Sistem Menu Utama.....	48
4.1.2 Implementasi Antarmuka dan Sistem Menu Validasi	56
4.1.3 Implementasi Antarmuka Menu Bantuan.....	60
4.1.4 Implementasi Antarmuka Menu Pembuat	61
4.2 Hasil Uji Coba Segmentasi Pada Objek Tunggal Dengan Menggunakan Metode <i>Level Set</i>	62
4.3 Hasil Uji Coba Segmentasi Tulang Selangka dengan Menggunakan Metode <i>Level Set</i> dan Hasil Perhitungan Citra Hasil Segmentasi Manual dengan Citra Hasil Segmentasi Program Menggunakan Validasi	66
4.4 Segmentasi Tulang Selangka Menurut Sudut Pandang Islam	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian yang terkait dengan metode <i>level set</i>	20
Tabel 4.1 Hasil uji coba segmentasi menggunakan metode <i>level set</i> pada objek tunggal	64
Tabel 4.2 Hasil perhitungan perbandingan citra hasil segmentasi tulang selangka bagian kanan	67
Tabel 4.3 Hasil perhitungan perbandingan citra hasil segmentasi tulang selangka bagian kiri	68
Tabel 4.4 Hasil rata-rata perhitungan citra hasil segmentasi metode <i>level set</i> menggunakan validasi	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra berwarna	11
Gambar 2.2 Citra <i>grayscale</i>	12
Gambar 2.3 Citra biner.....	13
Gambar 2.4 <i>High-boost filter</i>	15
Gambar 2.5 Daerah inisialisasi awal	17
Gambar 2.6 Formulasi matriks dari TP, FP, TN, FN	22
Gambar 2.7 Perbedaan antara hasil segmentasi manual dengan hasil segmentasi program	23
Gambar 2.8 Tulang selangka.....	26
Gambar 2.9 Citra <i>x-ray thorax</i>	34
Gambar 3.1 Diagram alir sistem	36
Gambar 3.2 Contoh data citra <i>x-ray thorax</i>	37
Gambar 3.3 Diagram alir <i>preprocessing</i>	38
Gambar 3.4 Diagram alir normalisasi	39
Gambar 3.5 Diagram alir <i>high-boost filter</i>	39
Gambar 3.6 Diagram alir filter CLAHE	40
Gambar 3.7 Diagram alir proses segmentasi dengan metode <i>level set</i>	41
Gambar 3.8 Diagram alir proses validasi	42
Gambar 3.9 Rancangan menu utama	43
Gambar 3.10 Rancangan menu validasi.....	45
Gambar 3.11 Rancangan menu bantuan.....	46
Gambar 3.12 Rancangan menu pembuat	47
Gambar 4.1 Antarmuka menu utama	49
Gambar 4.2 <i>Source code</i> untuk memanggil menu Validasi	50
Gambar 4.3 <i>Source code</i> untuk memanggil menu Bantuan	50
Gambar 4.4 <i>Source code</i> untuk memanggil menu Pembuat	50
Gambar 4.5 <i>Source code</i> menu Keluar	50
Gambar 4.6 <i>Source code button</i> Buka	51
Gambar 4.7 <i>Source code button</i> Simpan.....	51

Gambar 4.8 <i>Source code grayscale</i>	52
Gambar 4.9 <i>Source code high-boost filter</i>	53
Gambar 4.10 <i>Source code filter CLAHE</i>	53
Gambar 4.11 Contoh citra <i>x-ray thorax</i> setelah di <i>preprocessing</i>	54
Gambar 4.12 <i>Source code</i> inisialisasi model awal.....	55
Gambar 4.13 <i>Source code</i> evolusi kontur	55
Gambar 4.14 <i>Source code</i> fungsi evolusi <i>level set</i>	56
Gambar 4.15 Antarmuka menu Validasi.....	57
Gambar 4.16 <i>Source code</i> menu Kembali.....	58
Gambar 4.17 <i>Source code</i> menu Keluar	58
Gambar 4.18 <i>Source code button</i> Buka pertama.....	58
Gambar 4.19 <i>Source code button</i> Buka kedua	59
Gambar 4.20 <i>Source code</i> validasi.....	60
Gambar 4.21 Antarmuka menu Bantuan.....	61
Gambar 4.22 <i>Source code</i> menu Kembali.....	61
Gambar 4.23 Antarmuka menu Pembuat	62
Gambar 4.24 <i>Source code</i> menu Kembali.....	62
Gambar 4.25 <i>Source code</i> untuk menghitung nilai MSE.....	66
Gambar 4.26 Contoh hasil uji coba segmentasi tulang selangka	67

ABSTRAK

Aini, Marisqa. 2013. **Segmentasi Tulang Selangka Pada Citra X-Ray Thorax Dengan Menggunakan Metode Level Set**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (1) M. Amin Hariyadi, M.T, (2) Ach. Nasichuddin, M.A.

Kata Kunci: Segmentasi, Tulang Selangka, Citra X-ray Thorax, Level Set

Penelitian terhadap citra *x-ray thorax* semakin banyak dilakukan, supaya tidak terjadi kesalahan dalam pembacaan citra *x-ray thorax*. Karena pada citra *x-ray thorax* terdapat informasi yang digunakan untuk menganalisa dan mengetahui bentuk suatu objek. Untuk memperoleh informasi tersebut, perlu melakukan proses segmentasi.

Segmentasi dalam penelitian ini menggunakan metode *level set*. Metode *level set* merupakan suatu teknik numerik untuk mendeteksi permukaan dan bentuk. Objek penelitian ini adalah tulang selangka dan tujuan penelitian ini untuk mengimplementasikan segmentasi tulang selangka pada citra *x-ray thorax* dengan menggunakan metode *level set* serta mencari nilai validitas.

Hasil segmentasi tulang selangka tersebut dibandingkan dengan hasil segmentasi tulang selangka manual dan didapatkan hasil akurasi 99.21 %, sensitifitas 69.27%, spesifisitas 99.74% untuk tulang selangka bagian kanan dan hasil akurasi 99.25%, sensitifitas 68.55%, spesifisitas 99.82% untuk tulang selangka bagian kiri.

ABSTRACT

Aini, Marisqa. 2013. **Collarbone Segmentation For Thorax X-Ray Image Using Level Set Methods**. Thesis. Informatics Engineering Faculty of Science and Technology the State of Islamic University Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (1) M. Amin Hariyadi, M.T, (2) Ach. Nasichuddin, M.A.

Research on the thorax x-ray image getting a lot done, so that was not an error in the reading of thorax x-ray image. Because many information that is used to analyze and determine the shape of an object on the thorax x-ray image. To obtain such information, it is necessary to process segmentation.

Segmentation in this research using the level set method. Level set method is a numerical technique for detecting surface and shape. Object of this research is the collarbone and purpose of this research is to implement segmentation collarbone on the thorax x-ray image using the level set method and find the value of validity.

Collarbone segmentation results were compared with the results of manual segmentation collarbone and obtained accuracy results 99.21%, sensitivity 69.27%, specificity 99.74% for the right collarbone and accuracy 99.25%, sensitivity 68.55%, specificity 99.82% for the left collarbone.

Keywords: Segmentation, Collarbone, Thorax X-Ray Image, Level Set

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keakuratan data yang diperoleh dari foto *rontgen* (X-ray) tiap rumah sakit berbeda-beda. Dan terkadang perlu dicek sekali lagi untuk mendapatkan hasil yang benar-benar akurat. Karena untuk mendeteksi objek atau organ tubuh harus benar, jika ada kesalahan saat membaca hasil *rontgen* maka akan mengakibatkan kesalahpahaman. Rasulullah SAW bersabda:

مَنْ دَعَا إِلَى هُدًى كَانَ لَهُ مِنَ الْأَجْرِ مِثْلُ أُجُورِ مَنْ تَبِعَهُ لَا يَنْقُصُ ذَلِكَ مِنْ أُجُورِهِمْ شَيْئًا

“Barangsiapa yang mengajak kepada petunjuk -yakni kebenaran-, maka baginya adalah pahala seperti pahala-pahala orang yang mengikutinya, tidak dikurangi sedikitpun dari pahala mereka itu.” (Riwayat Muslim dari Abu Hurairah r.a diambil dari software HaditsWeb).

Berdasarkan penjelasan hadits tersebut, Rasulullah SAW mengajak kepada kebenaran dalam menyampaikan sebuah ilmu tanpa harus menyimpan kebenarannya. Karena jika seseorang ditanya mengenai suatu ilmu namun ia menyimpannya, maka ia akan diberi kendali dari neraka sebagaimana telah disebutkan dalam hadits berikut. Rasulullah SAW bersabda:

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ مَنْ سُئِلَ عَنْ عِلْمٍ فَكَتَمَهُ أَلْجَمَهُ اللَّهُ
بِلِجَامٍ مِنْ نَارِ يَوْمَ الْقِيَامَةِ

Dari Abu Hurairah, dia berkata: Rasulullah SAW bersabda, *“Siapa yang ditanya tentang suatu ilmu lalu dia menyembunyikanya, maka Allah akan mencambuknya dengan cambuk dari api neraka pada Hari Kiamat.”* (Riwayat Imam Abu Dawud dari Abu Hurairah r.a diambil dari software HaditsWeb).

Untuk membantu keakuratan data *rontgen* maka diperlukan pencitraan digital. Salah satu cara dalam citra digital yang membantu permasalahan ini yaitu

segmentasi gambar (*Image Segmentation*). Segmentasi berfungsi memisahkan objek yang satu dengan yang lain dalam gambar.

Objek yang diteliti yaitu tulang selangka (*clavicle or collarbone*). Tulang selangka berbentuk tulang memanjang dengan bentuk-S, terletak di dasar leher. Posisi *clavicle* yaitu horisontal antara tulang dada (*sternum*) dan bahu / tulang belikat (*scapula*).

Di dalam Al-Qur'an Allah memerintahkan manusia untuk mempelajari dari apa manusia itu diciptakan, sebagaimana diterangkan dalam surat Ath-Thaariq ayat 5-7 bahwa manusia bersumber dari tulang sulbi dan tulang dada, yaitu tulang belakang laki-laki dan tulang rusuk perempuan:

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ مِمَّ خُلِقَ ﴿٥﴾ خُلِقَ مِنْ مَّاءٍ دَافِقٍ ﴿٦﴾ تَخْرُجُ مِنْ بَيْنِ الصُّلْبِ
وَالْتَرَآيِبِ ﴿٧﴾

Artinya:

“Maka hendaklah manusia memperhatikan dari apakah dia diciptakan? Dia diciptakan dari air yang dipancarkan. Yang keluar dari antara tulang sulbi laki-laki dan tulang dada perempuan.” (QS. Ath-Thaariq [86]: 5-7)

Dari surat Ath-Thaariq inilah dapat dilihat bahwa peranan tulang sangat penting, karena asal usul manusia berasal dari air mani yang bersumber dari tulang sulbi laki-laki dan tulang dada perempuan. Seiring perkembangan teknologi, dapat dibuktikan bahwa di tulang belakang laki-laki terbentuk sperma, dan di tulang dada sebelah atas terbentuk air mani wanita.

Untuk memudahkan meneliti gambar objek tulang selangka, maka menggunakan segmentasi dimana penerapan segmentasi dalam penelitian ini

menggunakan metode *level set*. *Level set* memiliki kelebihan yaitu menggerakkan kontur sehingga kontur dapat mengembang atau mengempis. Serta *level set* dapat mengikuti kontur dari sebuah objek. Diharapkan segmentasi gambar dengan memakai metode *level set* dapat membantu dalam mendiagnosa pasien.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang yang telah disebutkan maka diperoleh rumusan masalah yaitu Bagaimana melakukan proses segmentasi tulang selangka pada citra *x-ray thorax* dengan menggunakan metode *level set*.

1.3 Batasan Masalah

- a. Tidak meneliti apa dan bagaimana kelainan pada tulang selangka.
- b. Objek yang diteliti berupa hasil *rontgen (X-ray) thorax*.
- c. Penelitian ini hanya melakukan segmentasi tulang selangka dari citra *x-ray thorax*.
- d. Citra *x-ray thorax* yang digunakan memiliki ukuran 256 x 256.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengimplementasikan segmentasi tulang selangka pada citra *x-ray thorax* dengan menggunakan metode *level set* dan mencari nilai validitas.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu mengetahui proses segmentasi tulang selangka pada citra *x-ray thorax* menggunakan metode *level set* dan mengetahui perbandingan hasil segmentasi program dengan hasil segmentasi manual.

1.5 Metode Penelitian

1.5.1 Persiapan Penulisan Laporan dan Studi Literatur

Persiapan dan penyusunan laporan penelitian skripsi serta pengumpulan pustaka berupa *text book* dan *paper* yang berhubungan dengan laporan skripsi.

1.5.2 Perencanaan dan Pembuatan Sistem

Perancangan dan pembuatan sistem meliputi perancangan proses-proses utama sistem dan desain aplikasi yaitu tampilan antarmuka.

1.5.3 Penulisan dan Pembuatan Laporan

Penulisan dan pembuatan laporan dari hasil penelitian selama pembuatan aplikasi.

1.6 Sistematika Penyusunan

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang mengapa, untuk apa penelitian ini dilakukan, dan bagaimana penyusunan laporan skripsi yang termuat dalam Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan dan Manfaat Penelitian, Metodologi Penelitian dan Sistematika Penyusunan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori yang berhubungan dengan penelitian ini yang berjudul Segmentasi Tulang selangka Pada Citra *X-Ray Thorax* Menggunakan Metode *Level Set*.

BAB III : PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan perancangan sistem Segmentasi Tulang selangka Pada Citra *X-Ray Thorax* Menggunakan Metode *Level Set*.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang implementasi aplikasi Segmentasi Tulang selangka Pada Citra *X-Ray Thorax* Menggunakan Metode *Level Set* secara keseluruhan serta melakukan pengujian aplikasi untuk mengetahui apakah aplikasi tersebut dapat menyelesaikan masalah yang dihadapi sesuai dengan yang diharapkan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pengujian aplikasi dan saran yang diharapkan bisa memberikan manfaat untuk pengembangan lebih lanjut dari program aplikasi Segmentasi Tulang selangka Pada Citra *X-Ray Thorax* Menggunakan Metode *Level Set*.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi seluruh bahan rujukan atau referensi dalam penulisan skripsi ini.

LAMPIRAN

Berisi tentang data atau keterangan lain yang bersangkutan dengan skripsi ini. Berfungsi untuk melengkapi uraian yang telah disajikan dalam bagian utama.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Digital Image Processing (Pengolahan Citra Digital)*

Pengolahan citra secara *digital* dimulai pada tahun 1921, yaitu pertama kalinya sebuah foto berhasil ditransmisikan secara *digital* melalui kabel laut dari kota New York ke kota London (*Bartlane Cable Picture Transmission System*). Keuntungan utama yang dirasakan pada waktu itu adalah pengurangan waktu pengiriman foto dari sekitar 1 minggu menjadi kurang dari 3 jam. Foto tersebut dikirim dalam bentuk kode digital dan kemudian diubah kembali oleh *printer telegraph*.

Sekitar tahun 1960 baru tercatat suatu perkembangan pesat seiring dengan munculnya teknologi komputer yang sanggup memenuhi suatu kecepatan proses dan kapasitas memori yang dibutuhkan oleh berbagai algoritma pengolahan citra. Sejak itu berbagai aplikasi mulai dikembangkan, yang secara umum dapat dikelompokkan ke dalam dua kegiatan:

1. Memperbaiki kualitas suatu gambar (citra) sehingga dapat lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia.
2. Mengolah informasi yang terdapat pada gambar (citra) untuk keperluan pengenalan obyek secara otomatis oleh suatu mesin.

Bidang ini sangat erat hubungannya dengan ilmu pengetahuan pola (*pattern recognition*), yang secara umum bertujuan mengenali suatu obyek dengan cara mengekstrasi informasi penting yang terdapat dalam suatu citra. Contoh-

contoh aplikasi dalam berbagai disiplin ilmu (Marvin Ch Wijaya & Agus Prijono, 2007: 24):

- Dalam bidang kedokteran:
Sistem mendeteksi diagnosis suatu kelainan dalam tubuh manusia melalui citra yang dihasilkan oleh *scanner*.
- Dalam bidang industri:
Sistem pemeriksaan suatu produk melalui kamera video.
- Dalam bidang perdagangan:
Sistem untuk mengenali angka/huruf dalam suatu formulir secara otomatis oleh mesin pembaca.
- Dalam bidang militer:
Sistem pengenalan target peluru kendali melalui sensor visual.

Pengolahan citra (*Image Processing*) adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih baik. Umumnya, operasi-operasi pada pengolahan citra diterapkan pada citra bila (Rinaldi Munir, 2004: 3):

1. Perbaikan atau memodifikasi citra perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas penampakan atau untuk menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung di dalam citra,
2. Elemen di dalam citra perlu dikelompokkan, dicocokkan, atau diukur,
3. Sebagian citra perlu digabung dengan bagian citra yang lain.

Ada empat klasifikasi dasar dalam *image processing* yaitu *point*, *area*, *geometric*, dan *frame*.

1. *Point* memproses nilai *pixel* suatu gambar berdasarkan nilai atau posisi dari *pixel* tersebut. Contoh dari proses *point* adalah *adding*, *subtracting*, *contrast stretching* dan lainnya.
2. *Area* memproses nilai *pixel* suatu gambar berdasarkan nilai *pixel* tersebut beserta nilai *pixel* sekelilingnya. Contoh dari proses *area* adalah *convolution*, *blurring*, *sharpening*, dan *filtering*.
3. *Geometric* digunakan untuk mengubah posisi dari *pixel*. Contoh dari proses *geometric* adalah *scaling*, *rotation*, dan *mirroring*.
4. *Frame* memproses nilai *pixel* suatu gambar berdasarkan operasi dari 2 buah gambar atau lebih. Contoh dari proses *frame* adalah *addition*, *subtraction*, dan *and/or*.

Suatu citra harus dipresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai diskrit, supaya dapat diolah dengan komputer digital. Representasi citra dari fungsi malar (kontinyu) menjadi nilai-nilai diskrit disebut *digitalisasi*. Sedangkan citra yang dihasilkan disebut citra *digital* (*digital image*). Pada umumnya citra *digital* berbentuk empat persegipanjang, dan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai tinggi x lebar (atau lebar x panjang).

2.2 Segmentasi Gambar

Segmentasi gambar merupakan proses awal yang dilakukan dalam menganalisis objek. Segmentasi bertujuan mengelompokkan *pixel-pixel* objek menjadi wilayah (*region*) yang merepresentasikan objek. Ada dua macam segmentasi, yaitu *full segmentation* dan *partial segmentation*. *Full segmentation* adalah pemisahan suatu objek secara individu dari *background* dan diberi ID

(label) pada tiap-tiap segmen. *Partial segmentation* adalah pemisahan sejumlah data dari *background* dimana data yang disimpan hanya data yang dipisahkan saja untuk mempercepat proses selanjutnya.

Ada tiga tipe dari segmentasi yaitu:

1. *Classification-based*: segmentasi berdasarkan kesamaan suatu ukuran dari nilai *pixel*. Salah satu cara paling mudah adalah *thresholding*. *Thresholding* ada dua macam yaitu global dan lokal. Pada *thresholding* global, segmentasi berdasarkan pada sejenis histogram. Pada *thresholding* lokal, segmentasi dilakukan berdasarkan posisi pada gambar, gambar dibagi menjadi bagian-bagian yang saling melengkapi, jadi sifatnya dinamis.
2. *Edge-based*: proses segmentasi untuk mendapatkan garis tepi (*border*) dari objek yang memisahkan objek yang satu dengan objek yang lain atau antara objek dengan *background*.
3. *Region-based*: segmentasi dilakukan berdasarkan kumpulan *pixel* yang memiliki kesamaan (tekstur, warna atau tingkat warna abu-abu) dimulai dari suatu titik ke titik-titik lain yang ada disekitarnya.

Ada dua pendekatan yang digunakan dalam segmentasi objek:

1. Segmentasi berdasarkan batas wilayah (tepi dari objek). *Pixel-pixel* tepi ditelusuri sehingga rangkaian *pixel* yang menjadi batas (*boundary*) antara objek dengan latar belakang dapat diketahui secara keseluruhan (algoritma *boundary following*).
2. Segmentasi ke bentuk-bentuk dasar (misalnya segmentasi huruf menjadi

garis-garis vertikal dan horizontal, segmentasi objek menjadi bentuk.

2.3 Citra Berwarna

Citra berwarna, yaitu citra *digital* yang nilai *pixel*-nya merepresentasikan warna tertentu. Banyaknya warna yang mungkin digunakan bergantung kepada kedalaman pixel citra yang bersangkutan. Citra berwarna direpresentasikan dalam beberapa kanal yang menyatakan komponen-komponen penyusunnya. Intensitas suatu titik pada citra berwarna merupakan kombinasi dari tiga intensitas: merah (red/ R), hijau (green/ G), dan biru (blue/ B). Visual citra berwarna umumnya lebih kaya dibandingkan dengan citra *grayscale* dan citra biner (Hidayat Wildan, 2010).

Citra warna terbagi menjadi tiga bagian yaitu (Darma Putra, 2010: 42-44),

- a. Setiap pixel dari citra warna (8 bit) hanya diwakili oleh 8 bit dengan jumlah warna maksimum yang dapat digunakan adalah 256 warna. Ada dua jenis citra warna 8 bit. Pertama, citra warna 8 bit dengan menggunakan palet warna 256 dengan setiap paletnya memiliki pemetaan nilai (*colormap*) RGB tertentu. Model ini lebih sering digunakan. Kedua, setiap *pixel* memiliki format 8 bit.
- b. Citra warna 16 bit biasanya disebut sebagai citra *highcolor* dengan setiap *pixel*-nya diwakili dengan 2 *byte memory* (16 bit). Warna 16 bit memiliki 65.536 warna. Dalam formasi bitnya, nilai merah dan biru mengambil tempat di 5 bit di kanan dan kiri. Komponen hijau memiliki 5 bit ditambah 1 bit ekstra. Pemilihan komponen hijau dengan deret 6 bit dikarenakan penglihatan manusia lebih sensitif terhadap warna hijau.

- c. Citra warna 24 bit diwakili dengan 24 bit sehingga total 16.777.216 variasi warna. Variasi ini sudah lebih dari cukup untuk memvisualisasikan seluruh warna yang dapat dilihat penglihatan manusia. Setiap poin informasi *pixel* (RGB) disimpan ke dalam 1 *byte* data. 8 bit pertama menyimpan nilai biru, diikuti dengan nilai hijau pada 8 bit kedua dan pada 8 bit terakhir merupakan warna merah.



Gambar 2.1 Citra berwarna

Sumber: <http://id.wikipedia.org>

2.4 Citra *Grayscale*

Citra *grayscale* merupakan citra *digital* yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pixelnya, dengan kata lain nilai bagian RED = GREEN = BLUE. Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Warna yang dimiliki adalah warna dari hitam, keabuan, dan putih. Tingkatan keabuan di sini merupakan warna abu dengan berbagai tingkatan dari hitam hingga mendekati putih (Darma Putra, 2010: 40-41). Citra *grayscale* disebut juga dengan citra 8 bit (256 kombinasi warna keabuan). Nilai tersebut dimulai dari 0 untuk warna hitam dan 256 untuk warna putih.



Gambar 2.2 Citra *grayscale*

Sumber: <http://pixelperfectdigital.com>

2.5 Citra Biner

Citra biner adalah citra *digital* yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai *pixel* yaitu hitam dan putih. Citra biner juga disebut sebagai citra B&W (*black and white*) atau citra monokrom. Hanya dibutuhkan 1 bit untuk mewakili nilai setiap *pixel* dari citra biner (Darma Putra, 2010: 40). Meskipun komputer saat ini dapat memproses citra *grayscale* maupun citra warna, namun citra biner masih tetap dipertahankan keberadaannya. Beberapa aplikasi citra biner masih tetap dibutuhkan, misalnya citra logo instansi (yang hanya terdiri dari warna hitam dan putih), citra kode barang (*bar code*) yang tertera pada label barang, dsb.

Pengkonversian citra *grayscale* ke citra biner dilakukan untuk alasan-alasan sebagai berikut (Rinaldi Munir, 2004: 181):

1. Untuk mengidentifikasi keberadaan objek, yang direpresentasikan sebagai daerah (*region*) di dalam citra. Misalnya kita ingin memisahkan (segmentasi) objek dari gambar latar belakangnya. *Pixel-pixel* objek dinyatakan dengan nilai 1 sedangkan *pixel* lainnya dengan 0. Objek ditampilkan seperti gambar siluet. Untuk memperoleh siluet yang bagus, objek harus dapat dipisahkan dengan mudah dari gambar latar belakangnya.

2. Untuk lebih memfokuskan pada analisis bentuk morfologi, yang dalam hal ini intensitas *pixel* tidak terlalu penting dibandingkan bentuknya. Setelah objek dipisahkan dari latar belakangnya, properti geometri dan morfologi/ topologi objek dapat dihitung dari citra biner. Hal ini berguna untuk pengambilan keputusan.
3. Untuk menampilkan citra pada piranti keluaran hanya yang mempunyai resolusi intensitas satu bit, yaitu piranti penampil dua-aras atau biner seperti pencetak (*printer*).
4. Mengkonversi citra yang telah ditingkatkan kualitas tepinya (*edge enhancement*) ke penggambaran garis-garis tepi. Ini perlu untuk membedakan tepi yang kuat yang berkoresponden dengan batas-batas objek dengan tepi lemah yang berkoresponden dengan perubahan *illumination*, bayangan, dll.



Gambar 2.3 Citra biner

Sumber: <http://donipunya.wordpress.com>

2.6 Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)

CLAHE termasuk teknik perbaikan citra yang digunakan untuk memperbaiki *local contrast* pada citra. CLAHE merupakan generalisasi dari *Adaptive Histogram Equalization* (AHE). Berbeda dengan *histogram equalization* yang beroperasi pada keseluruhan region pada citra, CLAHE beroperasi pada

region kecil pada citra *grayscale* yang disebut dengan *tile*. Kontras pada setiap *tile* diperbaiki sehingga *histogram* yang dihasilkan dari *region* tersebut kira-kira cocok dengan bentuk *histogram* yang ditentukan. *Tile* yang saling bertetangga disambungkan dengan menggunakan interpolasi bilinear. Hal ini dilakukan agar hasil penggabungan *tile* terlihat halus. Kontras, terutama pada area yang homogen, dapat dibatasi untuk menghindari penguatan derau yang mungkin terdapat dalam citra (Syarifatun N Qomariah, dkk (2011)).

2.7 High-Boost Filter

High-boost filter digunakan untuk menunjukkan detil dari citra tanpa menghilangkan komponen frekuensi rendah, seperti halnya menggunakan *high-pass filter* dalam kasus sharpening atau penajaman. Dengan *high-boost filter*, kita bisa mempertajam detil dari citra tapi frekuensi rendah tidak dihilangkan.

Untuk mendapatkan nilai dari *high-boost filter*, kita bisa menurunkan dari *high-pass filter* (Hendry Janson, 2012).

$$\begin{aligned}
 I_{high-boost \text{ citra}} &= I_{allpass \text{ citra}} + I_{highpass \text{ citra}} \\
 &= (c W_{allpass} I_{asli} + W_{highpass} I_{asli}) \\
 &= (c W_{allpass} + W_{highpass}) I_{asli}
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Maka,

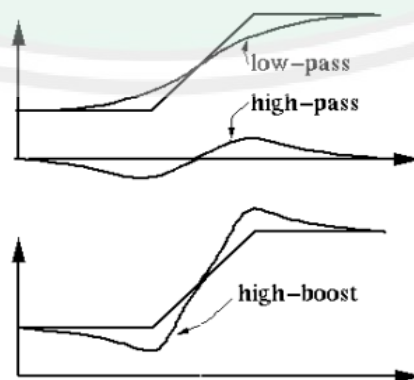
$$W_{high-boost} = c W_{allpass} + W_{highpass}
 \tag{2.2}$$

Dengan c merupakan konstanta dan $W_{high-boost}$ merupakan kernel *high-boost* untuk dikonvolusikan dengan citra asli. Berikut ini beberapa matriks *high-pass filter* untuk mendapatkan nilai kernel *high-boost filter*.

$$\begin{aligned}
 W_{high-boost} &= c \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & c+4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \tag{2.3}$$

$$\begin{aligned}
 W_{high-boost} &= c \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & c+8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}
 \tag{2.4}$$

Ilustrasi dari *high-boost filter* dapat dilihat pada **gambar 2.4**



Gambar 2.4 High-boost filter

Sumber: <http://fourier.eng.hmc.edu/e161/lectures/gradient/node2.html>

Dapat dilihat pada **Gambar 2.4** bahwa detil citra seperti diangkat dalam amplitudonya sehingga ada penekanan dalam komponen frekuensi tingginya.

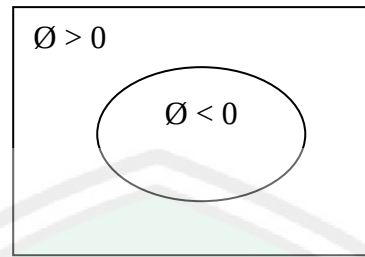
2.8 Metode *Level Set*

Kontur aktif diperkenalkan oleh Kass, Witkiins, dan Terzopoulos untuk membagi objek dalam gambar menggunakan kurva dinamis. Model kontur aktif secara umum dikelompokkan menjadi model kontur parametris aktif dan model kontur geometris aktif. Kontur parametris aktif menampilkan secara eksplisit sedangkan kontur geometris aktif menampilkan secara implisit seperti fungsi level set dua dimensi. Metode *level set* pertama kali diusulkan oleh J. Sethian dan S. Osher pada tahun 1988. Pada pendekatan *level set*, masalah didefinisikan pada dimensi yang lebih tinggi. Metode *level set* merupakan suatu teknik numerik untuk mendeteksi permukaan dan bentuk. Pergerakan kontur dimana *zero level set* disebut sebagai *interface* dimunculkan dengan variabel $C(t) = \{(x,y) \mid \phi(t,x,y) = 0\}$ dari fungsi level set $\phi(t,x,y)$.

Inisialisasi model awal diletakkan dekat dengan objek yang akan disegmentasi. Jika inisialisasi model awal berada di luar objek maka tanda C_0 bernilai positif, sebaliknya jika inisialisasi model awal berada di dalam objek maka tanda C_0 bernilai negatif. Dimana C_0 adalah konstanta *customable* seperti berikut ini:

$$\phi_0(x,y) = \begin{cases} -C_0 & \phi_0(x,y) < 0 \\ C_0 & otherwise \end{cases}$$

(2.5)



Gambar 2.5 Daerah inisialisasi awal

Sumber: jurnal aplikasi segmentasi gambar dengan menggunakan metode level set
(Kartika Gunadi, dkk, 2007)

Metode level set memiliki fungsi *edge indicator* yang berfungsi agar perkembangan evolusi *level set* mendekati solusi yang optimal, fungsi *edge indicator* dinyatakan dengan (Chunming Li, dkk (2005)),

$$g = \frac{1}{1 + |\nabla G_{\sigma} * I|^2} \quad (2.6)$$

Dimana $|\nabla G_{\sigma} * I|$ merupakan citra konvolusi I dengan filter Gaussian kernel yang memiliki standar deviasi σ dan ∇ merupakan operasi gradien dari sebuah citra, sedangkan g merupakan fungsi indikator tepi.

Fungsi *level set* penting untuk proses evolusi kontur, fungsi yang digunakan adalah fungsi jarak dari fungsi *zero level set*. Fungsi jarak harus memenuhi parameter $|\nabla \phi| = 1$. Sebaliknya fungsi jarak ϕ yang memenuhi $|\nabla \phi| = 1$ adalah fungsi jarak yang ditandai dengan nilai konstan. Persamaan fungsi jarak dirumuskan dengan integral berikut ini:

$$\rho(\phi) = \int_{\Omega} \frac{1}{2} (|\nabla \phi| - 1)^2 dx dy \quad (2.7)$$

Matrik ini merupakan kunci dalam formulasi *level set*, dengan fungsi $\rho(\emptyset)$ didefinisikan dengan formulasi

$$\varepsilon(\emptyset) = \mu\rho(\emptyset) + \varepsilon_{g,\lambda,\alpha}(\emptyset) \quad (2.8)$$

Dimana $\mu > 0$ adalah parameter yang mengendalikan efek dari penyimpangan $\emptyset$ dari fungsi jarak, dan $\varepsilon_{g,\lambda,\alpha}$ adalah energi tertentu yang mendorong gerakan kontur *zero level set* ($\emptyset$). Energi internal berfungsi mengatur kelenturan dari kontur yang mengatur kelenturan serta tingkat kekerasan dari kontur yang akan bergerak. Energi eksternal berfungsi menggerakkan kontur menuju batas objek. Berikut adalah rumus dari energi eksternal

$$\varepsilon_{g,\lambda,\alpha}(\emptyset) = \lambda L_g(\emptyset) + \alpha A_g(\emptyset) \quad (2.9)$$

Dimana $\lambda > 0$ dan α adalah konstan, dan variabel masing-masing $L_g(\emptyset)$ dan $A_g(\emptyset)$ didefinisikan dengan persamaan

$$L_g(\emptyset) = \int_{\Omega} g\delta(\emptyset) |\nabla\emptyset| dx dy \quad (2.10)$$

dan

$$A_g(\emptyset) = \int_{\Omega} gH(-\emptyset) dx dy \quad (2.11)$$

Fungsi energi $L_g(\phi)$ disebut juga dengan *weighted length* yang digunakan untuk menghitung panjang dari *zero level set curve* ϕ dan fungsi $A_g(\phi)$ disebut juga *weighted area*, digunakan untuk mempercepat evolusi kurva. Inisialisasi pergerakan kontur bergantung pada koefisien. Ketika bernilai positif, maka kontur akan bergerak dari arah luar ke dalam dan kontur awal akan berada pada area luar dari objek. Jika inisialisasi kontur berada pada bagian dalam objek, maka α akan bernilai negatif dan kontur bergerak dari dalam ke arah luar. δ adalah fungsi delta Dirac dan H adalah fungsi Heaviside jika diturunkan $H'(\phi) = \delta(\phi)$. Persamaan Dirac delta function $\delta(\phi)$ dan Heaviside function yaitu

$$\delta(\phi) = \begin{cases} 0, & |\phi| > \varepsilon \\ \frac{1}{2\varepsilon} [1 + \cos(\frac{\pi \phi}{\varepsilon})], & |\phi| \leq \varepsilon \end{cases} \quad (2.12)$$

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

Dari persamaan-persamaan diatas dapat ditentukan fungsi total energi

$$\varepsilon(\phi) = \mu\rho(\phi) + \varepsilon_{g,\lambda,v}(\phi) \quad (2.13)$$

total energi akan berhenti apabila telah mencapai minimal, jika total energi belum minimal maka akan kembali melakukan evolusi kontur.

Dalam menerapkan metode level set, waktu τ (time step) dapat dipilih secara signifikan dan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Chunming dkk (2005):

$$\phi_{i,j}^{k+1} = \phi_{i,j}^k + \tau L(\phi_{i,j}^k) \quad (2.14)$$

Kontur disebut sebagai fungsi ϕ dan pada saat kontur mulai bergerak, maka nilai perubahan kontur akan diperbaharui sesuai dengan persamaan (2.14) yaitu $\phi_{i,j}^{k+1} = \phi_{i,j}^k + \tau L(\phi_{i,j}^k)$, sehingga posisi kontur selalu mengikuti update dari fungsi $\tau L(\phi_{i,j}^k)$. $L(\phi_{i,j}^k)$ adalah total penjumlahan dari energi internal dan eksternal.

Pada saat terdapat perubahan nilai piksel $|\nabla G_\sigma * I|$ yaitu pada *boundary* sebuah objek maka fungsi g akan memiliki nilai yang sangat kecil (mendekati nol) dengan $g = \frac{1}{1+|\nabla G_\sigma * I|^2}$ sehingga menyebabkan nilai $L(\phi_{i,j}^k) \cong 0$ dan terjadi kesetimbangan energy dimana kontur tidak bergerak lagi. Pada saat kesetimbangan energy tersebut kontur menempel pada *boundary* sebuah objek.

Nilai *time step* τ harus dipilih sedemikian hingga evolusi bekerja dengan baik. Pemilihan *time step* τ dan koefisien μ harus memenuhi syarat: $\tau\mu < \frac{1}{4}$ untuk menjaga kestabilan evolusi *level set*.

2.8.1 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian yang terkait dengan metode *level set*

No	Jurnal	Objek	Tujuan	Metode yang digunakan	Kesimpulan dari hasil yang diperoleh
1.	Aplikasi Segmentasi Gambar dengan Menggunakan Metode <i>Level set</i>	Citra RGB	Memudahkan untuk mengolah masing-masing obyek karena setiap obyek dapat dibedakan satu sama lain	<i>Level set</i>	<i>Level set</i> memberikan hasil yang lebih baik apabila gambar yang digunakan

					memiliki variasi warna yang lebih sedikit
2.	Segmentasi Citra Medis Paru-paru pada Citra <i>X-Ray</i> Menggunakan <i>Level Set</i>	Citra <i>x-ray</i> paru-paru	Mengembangkan metode <i>active contour</i> untuk melakukan segmentasi citra <i>x-ray</i> pada rongga dada dan membandingkan perhitungan CTR manual dengan perhitungan CTR otomatis	<i>Level set</i>	Tingkat akurasi dan spesifikasi dari metode <i>level set</i> lebih tinggi dibandingkan dengan metode <i>GVF-snake</i> . Karena lebih mendekati segmentasi manual dibandingkan dengan metode <i>GVF snake</i> .
3.	<i>Level Set Evolution Without Re-Initialization: A New Variational Formulation</i>	Gambar sebenarnya dengan <i>boundaries</i> yang lemah dan <i>noise</i> yang kuat	Menghilangkan kebutuhan penginisialisasian kembali dan lebih efisien daripada metode <i>level set</i> secara tradisional	<i>Level set</i>	<i>Level set</i> lebih tahan terhadap <i>boundaries</i> yang lemah dan <i>noise</i> yang kuat.

Dari penjelasan penelitian terdahulu, akan dilakukan penelitian yang berhubungan dengan *image processing* dan menggunakan metode *level set*. Penelitian tersebut berjudul “Segmentasi Tulang Selangka Pada Citra *X-Ray Thorax* Dengan Menggunakan Metode *Level Set*.” Objek yang diteliti yaitu tulang selangka pada citra *x-ray thorax*. Hasil akhir dari penelitian ini akan dibandingkan dengan objek tulang selangka hasil segmentasi manual dan diharapkan memberikan manfaat untuk tingkat selanjutnya.

2.9 Validasi

Menghitung nilai validasi adalah suatu teknik untuk memvisualisasikan, mengorganisir dan memilih *classifier* berdasarkan performansinya. Suatu *classifier* dipetakan dari contoh kepada kelas yang diprediksi atau hasil dari

segmentasi dibandingkan dengan hasil segmentasi manual. Dari perbandingan tersebut akan diperoleh nilai *true positive* (TP), *false positive* (FP), *true negative* (TN), dan *false negative* (FN). Keempat nilai ini dihitung berdasarkan jumlah pixel yang dilingkupi dan dapat diformulasikan dengan menggunakan matriks 2x2 seperti pada **Gambar 2.6** (Eviv Lailyana, 2009).

		Actual value		
		p	n	total
Prediction Outcome	p'	True Positive	False Positive	P'
	n'	False Negative	True Negative	N'
		total	P	N

Gambar 2.6 Formulasi matriks dari TP, FP, TN, FN

Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Receiver_operating_characteristic

Seperti pada **Gambar 2.6**, TP adalah nilai kebenaran antara hasil segmentasi manual dengan hasil segmentasi, FP adalah nilai ketidaktepatan antara hasil segmentasi manual dengan hasil segmentasi, TN adalah nilai kebenaran di luar hasil segmentasi manual dan hasil segmentasi, disebut juga dengan *background* antara keduanya, dan FN adalah nilai ketidaktepatan antara hasil segmentasi manual dengan wilayah kosong hasil segmentasi (Eviv Lailyana, 2009).

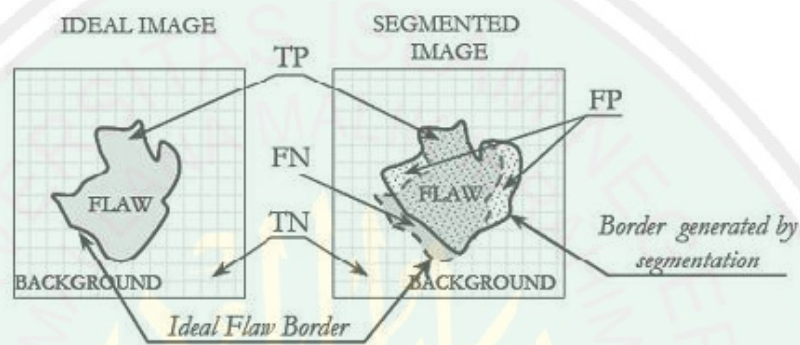
Berdasarkan nilai-nilai tersebut dapat diukur nilai akurasi, sensitifitas dan spesifitas dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Akurasi: } \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN}$$

$$\text{Sensitifitas: } \frac{TP}{TP+FN}$$

$$\text{Spesifitas: } \frac{TN}{FP+TN}$$

(2.15)



Gambar 2.7 Perbedaan antara hasil segmentasi manual dengan hasil segmentasi program

Sumber: tesis segmentasi citra medis paru-paru pada citra x-ray thorax menggunakan *level set*, (Eviv Lailyana, 2009)

2.10 Rangka Tubuh Manusia

Rangka tubuh manusia dikelompokkan atas dua bagian yaitu:

1. **Axial Skeleton** terdiri atas sekelompok tulang yang menyusun poros tubuh dan memberikan dukungan dan perlindungan pada organ di kepala, leher dan badan. *Axial skeleton* terdiri dari:
 - a. *Skull* (tulang tengkorak). Bagian-bagian dari tulang tengkorak yaitu, *Parietal bone* (tulang dahi), *temporal bone* (tulang samping kiri kanan kepala dekat telinga), *occipital bone* (daerah belakang dari tengkorak), *sphenoid bone* (berdekatan dengan tulang rongga mata, seperti tulang baji), *ethmoid bone* (tulang yang menyusun rongga hidung), *maxilla bone* (tulang rahang atas,

menyusun sebagian dari hidung, dan langit-langit), *mandible bone* (tulang rahang bawah, menempel pada tulang tengkorak bagian temporal, satu-satunya hubungan antar tulang dengan gerakan yang lebih bebas), *palatine bone* (menyusun sebagian dari rongga hidung dan bagian atas dari atap rongga mulut), *zygomatic bone* (tulang pipi), dan *lacrimal bone* (sekat tulang hidung).

- b. *Vertebral column* (tulang belakang) terdiri dari 33 ruas tulang yang terbagi menjadi 5 bagian yaitu, 7 *cervical curvature* (tulang leher), 12 *thoracic curvature* (tulang punggung, tempat melekatnya tulang rusuk), 5 *lumbar curvature* (tulang pinggang), 5 *sacrum* (tulang kelangkangan), dan 4 *coccyx* (tulang ekor).
- c. *Bony thorax* (rongga dada) terdiri dari *sternum* (tulang dada) dan *rib* (tulang rusuk). Bagian dari *sternum* yaitu, *manubrium* (tulang hulu), *gladiolus* (tulang badan) dan *xiphoid process* (tulang taju pedang). Bagian dari *rib* yaitu, 7 pasang *true ribs* (tulang rusuk sejati), 3 pasang *false ribs* (tulang rusuk palsu) dan 2 pasang *floating ribs* (tulang rusuk melayang).

2. ***Apendikular Skeleton*** tersusun atas tulang yang merupakan tambahan dari *axial skeleton*. *Apendikular skeleton* terdiri dari:

- a. *Pectoral (Shoulder) Girdle* (Tulang Bahu) dan *Upper Limb* (Anggota Bagian Atas) terdiri dari *clavicle* (tulang selangka), *scapula* (tulang belikat), *humerus* (tulang lengan atas), *ulna* (tulang hasta), *radius* (tulang pengumpil), *metacarpals* (tulang pergelangan tangan), *carpal* (tulang telapak tangan) dan *phalanges* (tulang jari-jari).

- b. *Pelvic (Hip) Girdle* (Tulang Pinggul) dan *Lower Limb* (Anggota Bagian Bawah) terdiri dari *coxal* (tulang pinggul), *femur* (tulang paha), *patella* (tempurung lutut), *tibia* (tulang kering), *fibula* (tulang betis), *tarsals* (tulang pergelangan kaki), *metatarsal* (tulang telapak kaki) dan *phalanges* (tulang jari-jari kaki).

2.11 Tulang Selangka (*Clavicle/Collarbone*)

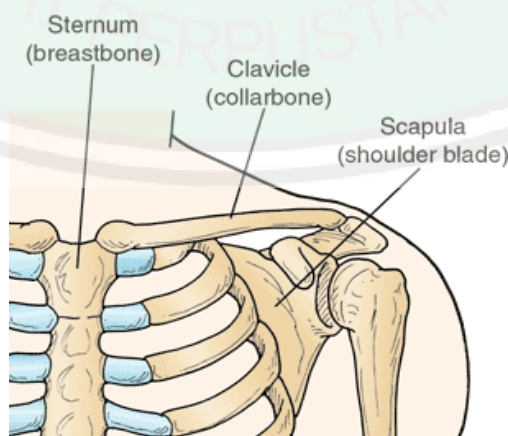
Tulang selangka bentuknya menyerupai huruf S. Lengkung medialis lebih besar menuju ke depan sedangkan lengkung lateralis lebih kecil mengarah ke belakang (Syiafuddin, 2009: 58). Tulang selangka adalah tulang pertama yang mengalami osifikasi pada fetus (6 minggu) yang berkembang dalam membran, bukan kartilago. Tulang selangka berfungsi memindahkan tenaga dari lengan menuju skelet aksial. Medial tulang selangka berartikulasi dengan sternum dan kartilago kosta ke-1 pada *artikulasio sternoklavikularis*. Selain itu medial tulang selangka juga melekat ke kosta ke-1 melalui *ligamentum kostoklavikulare* dan ke sternum melalui *ligamentum sternoklavikulare*.

Di lateral tulang selangka berartikulasi dengan prosesus akromion skapula yang disebut dengan artikulasio akromioklavikularis. *Ligamentum korakoklavikulare* menahan tulang selangka ke arah inferolateral menuju prosesus korakoideus skapula. Ligamentum ini memiliki dua komponen yaitu, *ligamentum konoideum* dan *trapezoideum* yang masing-masing melekat ke *tuberkulum konoideum* dan *linea trapezoidea* tulang selangka.

Tulang selangka adalah tulang yang paling sering patah. Titik terlemah tulang ini terletak pada titik antara sepertiga tengah dan sepertiga luar (Omar Faiz & David Moffat, 2002: 58).

Tulang selangka berhubungan dengan tulang lengan atas untuk membentuk persendian yang menghasilkan gerakan yang lebih bebas, ujung yang satu berhubungan dengan tulang dada sedangkan ujung lainnya berhubungan dengan tulang belikat. Di samping sebagai tempat melekatnya otot, tulang selangka juga bertindak sebagai penahan, memegang tulang belikat dan lengan luar, menjauh dari bagian dada. Fungsi ini semakin jelas ketika tulang selangka mengalami keretakan, seluruh bagian bahu runtuh. Tulang selangka mengirimkan *compression forces* dari anggota gerak atas ke *axial skeleton*.

Tulang selangka tidak terlalu kuat dan cenderung untuk patah, misalnya ketika seseorang menggunakan tangan untuk mengangkat beban yang berat. Jika serpihan tulang tertinggal di dalam maka akan merusak *subclavian artery* (Elaine N. Marieb, 2005: 200).



Gambar 2.8 Tulang selangka

Sumber: <http://daviddarling.info>

2.11.1 Tulang Manusia di dalam Al-Qur'an

Al-Qur'an memberikan perhatian yang begitu besar terhadap ilmu (*al-ilm*) dan pengetahuan (*al-ma'rifah*), yang secara makro dipandang sebagai kalimat Tuhan, sebagaimana difirmankan:

قُلْ لَوْ كَانَ الْبَحْرُ مِدَادًا لِّكَلِمَاتِ رَبِّي لَنَفِدَ الْبَحْرُ قَبْلَ أَنْ تَنفَدَ كَلِمَاتُ رَبِّي وَلَوْ جِئْنَا بِمِثْلِهِ مَدَدًا ﴿١٦﴾

Artinya:

“Katakanlah: sekiranya lautan menjadi tinta untuk (menulis) kalimat-kalimat Tuhanku, sungguh habislah lautan itu sebelum habis (ditulis) kalimat-kalimat Tuhanku, meskipun kami datangkan tambahan sebanyak itu (pula)”. (QS. Al-Kahfi [18]: 109)

Bahkan di tempat lain Al-Qur'an menempatkan orang-orang yang berilmu dalam kedudukan yang tinggi. Seperti dalam surat Al-Mujadalah ayat 11:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ وَإِذَا قِيلَ أَنْشُرُوا فَأَنْشُرُوا يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ ۚ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ ﴿١١﴾

Artinya:

“Hai orang-orang beriman apabila kamu dikatakan kepadamu: “Berlapang-lapanglah dalam majlis”, Maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. dan apabila dikatakan: “Berdirilah kamu”, Maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. dan Allah Maha mengetahui apa yang kamu kerjakan.” (QS. Al-Mujadalah [58]: 11)

Dari penjelasan beberapa ayat Al-Qur'an tersebut, dapatlah ditarik sebuah kata kunci untuk menelusuri konsep ilmu pengetahuan dalam Al-Qur'an, yakni terma *ulu al-albab*, yang dalam konteks ini dapat diartikan sebagai perpaduan antara pikir-rasio (*al-'aql*) dan zikir-rasa (*al-dzawq*: intuisi), dengan berpikir merupakan suatu bentuk kegiatan akal manusia dengan mana yang kita terima melalui panca indera diolah dan ditujukan untuk mencapai suatu kebenaran, dan intuisi adalah penalaran atau kemampuan memahami sesuatu manusia, keduanya dipadukan untuk berdaya guna membuahkan kesimpulan-kesimpulan yang benar, valid dan sah. Di sisi lain, Al-Qur'an tidak saja memerintahkan manusia untuk menggunakan akalnya untuk menangkap rahasia yang terkandung di dalam alam semesta, melainkan juga mengajarkan bagaimana memaksimalkan dan memfungsikan secara bersama potensi yang dianugerahkan Tuhan kepadanya (M. Hadi Masruri & Imron Rossidy, 2007: 107-108).

Allah telah memerintahkan manusia untuk mempelajari berbagai bidang ilmu, baik ilmu agama, etika, dan pengetahuan. Manusia mempunyai peran untuk menuntut ilmu sebanyak-banyaknya dan memaksimalkan potensi yang telah dianugerahkan, yaitu akal, pemahaman, dan bentuk fisik yang tegak dan lurus. Itulah fungsi manusia sebenarnya yang telah diciptakan sebagai khalifah di bumi, untuk mempelajari, memanfaatkan, menjaga dan melestarikan segala hal yang ada di alam semesta ini. Di sini Al-Qur'an berfungsi sebagai petunjuk dan pegangan bagi manusia agar tidak keluar dari aturan-aturan yang telah ditetapkan oleh Allah. Karena Al-Qur'an merupakan kalimat-kalimat Allah yang diturunkan kepada Rasulullah SAW dan disampaikan kepada umat-umatnya yang berisi

tentang hukum, baik hukum yang berhubungan dengan masalah akidah, budi pekerti, dan syari'ah. Selain itu di dalam Al-Qur'an juga menjelaskan tentang peristiwa-peristiwa yang ada di alam semesta ini.

Surat Ath-Thaariq ayat 5-7 menjelaskan bahwa manusia bersumber dari tulang sulbi dan tulang dada, yaitu tulang belakang laki-laki dan tulang rusuk perempuan,

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ مِمَّ خُلِقَ ﴿٥﴾ خُلِقَ مِنْ مَّاءٍ دَافِقٍ ﴿٦﴾ تَخْرُجُ مِنْ بَيْنِ الصُّلْبِ
وَالْتَرَآيِبِ ﴿٧﴾

Artinya:

“Maka hendaklah manusia memperhatikan dari apakah dia diciptakan? Dia diciptakan dari air yang dipancarkan, Yang keluar dari antara tulang sulbi laki-laki dan tulang dada perempuan.” (QS. Ath-Thaariq [86]: 5-7)

Maksud ayat *diciptakan dari air yang dipancarkan, yang keluar dari antara tulang sulbi laki-laki* adalah air sperma karena saat dia keluar biasanya dalam bentuk memancar. Sedangkan maksud *tulang dada perempuan* adalah ovum (indung telur). Secara biologis, manusia tercipta karena pertemuan antara ovum dan sperma. Artinya, ovum dan sperma memiliki peranan yang seimbang. Namun dalam ayat ini, seolah yang memiliki peranan utama adalah sperma. Hal ini karena sperma memiliki peranan signifikan dalam suatu proses pembuahan (Aam Amiruddin, 2005: 164).

Dengan adanya penyelidikan ilmu pengetahuan modern, barulah diketahui bahwa di tulang-tulang belakang lelaki inilah terbentuknya sperma laki-laki, dan di tulang-tulang dada sebelah atas itu terbentuk air mani wanita. Keduanya

bertemu dalam tempat yang kokoh (rahim) yang dari situ kemudian tercipta manusia. Jarak yang jauh antara tempat penciptaan dan tempat kembali, antara air yang memancar dari sulbi laki-laki dan tulang dada wanita, hal ini memberi kesan bahwa di sana, di luar diri manusia, terdapat tangan yang mendorong benda cair (sperma) yang tidak berarti, tidak punya kehendak, dan tidak memiliki kekuasaan apa pun, untuk melalui tahapan yang panjang dan mengagumkan. Sehingga, sampai menjadi makhluk yang ideal seperti ini. Selain itu, juga memberikan isyarat bahwa di sana ada penjaga yang dengan perintah Allah bertugas menjaga *nuthfah* ‘sperma dan ovum’ yang belum berbentuk, belum berakal, belum berkehendak, dan belum berkemampuan apa-apa, dalam tahapan perjalanannya yang panjang dan mengagumkan (Sayyid Quthb, 1992: 235).

Syekh Fadhlullah Haeri (2001: 173-175) menyebutkan hendaklah manusia memperhatikan komposisi fisiknya sendiri. Secara fisik, unsur utama tubuh manusia adalah air. *Dafiq* artinya ‘memancar, menuang, meluap’. Eksistensi tidak dapat dilihat kalau tidak menjelma ke dalam bentuk yang berwujud. Tidak ada wujud padat pada eksistensi, karena wujud didasarkan pada fluiditas (ketidakstabilan), pada air. Ini berkenaan dengan dua hal yang berlawanan. Makna harfiah dari *shulb* adalah ‘keras, kaku, sulit’, dan juga berarti ‘pinggang’ dan ‘punggung’. Kata *tara’ib* berarti ‘tulang dada, iga’, dan berasal dari kata kerja *tariba* yang berarti ‘berdebu, tertutup debu’. Dari kata tersebut juga muncul *tarib* (sezaman, setara, sesuai, sebanding). Manusia lahir dari pertemuan antara dua hal berlawanan, yang satu padat dan yang lain cair.

2.12 Citra X-ray Rongga Dada (*Thorax*)

Pada tahun 1895 Wilhelm Rontgen mendapatkan bahwa radiasi yang kemampuan tembusnya besar yang sifatnya belum diketahui, ditimbulkan jika elektron cepat menumbuk materi. Sinar-x ini didapatkan menjalar menurut garis lurus walaupun melalui medan listrik dan magnetik dapat menembus bahan dengan mudah, menyebabkan bahan fosforesen berkilau dan menyebabkan perubahan plat fotografik. Bertambah cepat elektron semula, bertambah hebat kemampuan tembus sinar-x dan bertambah banyak jumlah elektron, bertambah besar pula intensitas berkas sinar-x (The Houw Liong, 1982: 51).

Sinar-x merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat menembus suatu bahan, tetapi hanya sinar-x yang mempunyai energi tinggi yang dapat menembus bahan yang dilaluinya, selain itu akan diserap oleh bahan tersebut. Sinar-x yang mampu menembus bahan itulah yang akan membentuk gambar atau bayangan. Pembangkit sinar-x berupa tabung hampa udara yang di dalamnya terapat filamen yang juga sebagai katoda dan terdapat komponen anoda. Jika filamen dipanaskan maka akan keluar elektron dan apabila antara katoda dan anoda diberi beda potensial yang tinggi, elektron akan dipercepat menuju ke anoda. Dengan percepatan elektron tersebut maka akan terjadi tumbukan tak kenyal sempurna antar elektron dengan anoda, akibatnya terjadi pancaran radiasi sinar-x.

Pada sistem pencitraan sinar-x diperlukan tegangan tinggi, dengan tujuan agar dapat dihasilkan berkas sinar-x. untuk itu rangkaian listriknya dirancang sedemikian rupa sehingga tegangan tingginya (kV) dengan rentang yang besar.

Jika kV-nya rendah maka sinar-x memiliki gelombang yang panjang sehingga akan mudah diserap oleh atom dari target (anoda), kemudian disebut sebagai soft x-ray. Radiasi yang dihasilkan dengan pengaturan tegangan yang cukup tinggi maka akan dihasilkan sinar-x dengan daya tembus yang besar dan panjang gelombang yang pendek (Ferry Suyatno, 2008).

Faktor-faktor yang berpengaruh pada citra yaitu,

1. **Arus (mA):** arus berpengaruh pada intensitas sinar-x atau derajat terang/brightness. Dengan peningkatan mA akan menambah intensitas sinar-x dan sebaliknya.
2. **Jarak dan waktu:** saat pengoperasian selalu dilakukan pengaturan waktu (S) dan arus (mA) atau disebut dengan mAS yang bergantung pada objek yang disinari. Jika tabung didekatkan pada objek maka intensitas akan naik dan hasil gambar jelas dan terang. Sebaliknya jika tabung dijauhkan dari objek maka intensitas akan menurun. Dari sini dapat disimpulkan bahwa cahaya dan sinar-x merambardalam pancaran garis lurus yang melebar.
3. **Tegangan (kV):** tegangan tinggi sebagai daya dorong electron di dalam tabung dari katoda ke anoda. Supaya dapat menghasilkan sinar-x, daya dorong ini harus kuat sehingga mampu menembus objek.

Jika kV rendah maka akan dihasilkan sinar-x dengan gelombang yang panjang dan sebaliknya dengan kV tinggi maka panjang gelombang sinar-x akan semakin pendek. Penyerapan sinar-x oleh suatu bahan juga tergantung pada susunan objek yang dilaluinya, sedangkan susunan objek tergantung pada nomor atom unsur, misalnya timah hitam mempunyai nomor atom yang besar, maka

daya serap terhadap sinar-x juga besar. Ketebalan dan kerapatan suatu unsur bahan juga berpengaruh terhadap penyerapan sinar-x. bahan yang tebal akan lebih banyak menyerap sinar-x dibanding dengan bahan yang tipis, tentunya pada unsur yang sama.

Tubuh manusia dibentuk oleh unsur-unsur yang sangat kompleks. Oleh sebab itu, penyerapan sinar-x oleh tubuh pada proses *rontgen* tidak sama, misalnya tulang akan lebih banyak menyerap sinar-x dibanding dengan otot atau daging. Bagian tulang yang sakit atau daging akan lebih besar menyerap sinar-x dibanding kondisi normal. Usia juga akan menjadi penyebab perbedaan penyerapan sinar-x. Tulang orang tua yang telah kekurangan kalsium, maka penyerapan sinar-x akan berkurang dibanding tulang anak muda (Ferry Suyatno, 2008).

Foto *thorax* standar adalah dengan posisi *postero-anterior* (PA). Foto diambil dengan subjek dada, mengenai film dan sinar *rontgen* disorotkan ke arah anterior dari belakang. Struktur yang nampak pada foto *thorax* di antaranya yaitu (Omar Faiz & David Moffat, 2002: 13),

- **Batas-batas jantung:** tiap pembesaran signifikan dari bilik jantung tertentu bias terlihat pada foto *thorax*. Pada gagal jantung *kongestif* keempat bilik jantung membesar (*cardiomegali*). Pada pandangan PA tampak rasio *cardiothorax* lebih besar 50%. Rasio ini dihitung dengan membagi lebar jantung dengan lebar rongga *thorax* pada titik terlebar.

- **Paru-paru:** paru-paru adalah struktur yang *radiolusen*. Bayangan padat beralur, terlihat di pangkal paru, merupakan pembuluh darah paru yang terisi darah.
- **Diafragma:** sudut yang dibuat antara diafragma dengan dinding dada disebut *angulus kostofrenikus*. *Angulus* ini menghilang bila terkumpul cairan *efusi pleura*.
- **Struktur mediastinal:** sulit dibedakan karena cukup banyak terjadi penumpukan. Namun, arkus aorta nampak cukup jelas, yang bila mengalami dilatasi *patologis (aneurisma)*, menimbulkan kesan ‘pelebaran’ *mediastinum*. **Gambar 2.9** merupakan citra *x-ray thorax* (rongga dada).



Gambar 2.9 Citra *x-ray thorax*

Sumber: <http://radiopaedia.org>

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

3.1 Deskripsi Sistem

Pembuatan aplikasi “Segmentasi Tulang Selangka Pada Citra *X-ray Thorax* Menggunakan Metode *Level Set*” ini memakai data citra *x-ray thorax* dalam bentuk *file* gambar, dengan objek gambar tulang selangka. Citra *x-ray thorax* melalui proses normalisasi dan *preprocessing*, kemudian citra *x-ray thorax* dapat disegmentasi. Objek gambar tulang selangka yang telah disegmentasi melalui program, dibandingkan dengan gambar tulang selangka yang telah disegmentasi manual.

Proses dalam segmentasi citra *x-ray thorax* adalah *user* menginputkan citra *x-ray thorax*, *preprocessing*, segmentasi tulang selangka dengan metode *level set*, menyimpan hasil segmentasi dan menghitung nilai validasi.

Preprocessing meliputi normalisasi citra yaitu, pengubahan citra RGB menjadi *grayscale* dan meresize ukuran citra jika terlalu besar, dan *filtering* meliputi *high-boost* filter dan CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*). *High-boost* filter digunakan untuk mempertajam detil citra tanpa menghilangkan komponen frekuensi rendah. CLAHE merupakan filter yang digunakan untuk memperbaiki kontras pada citra.

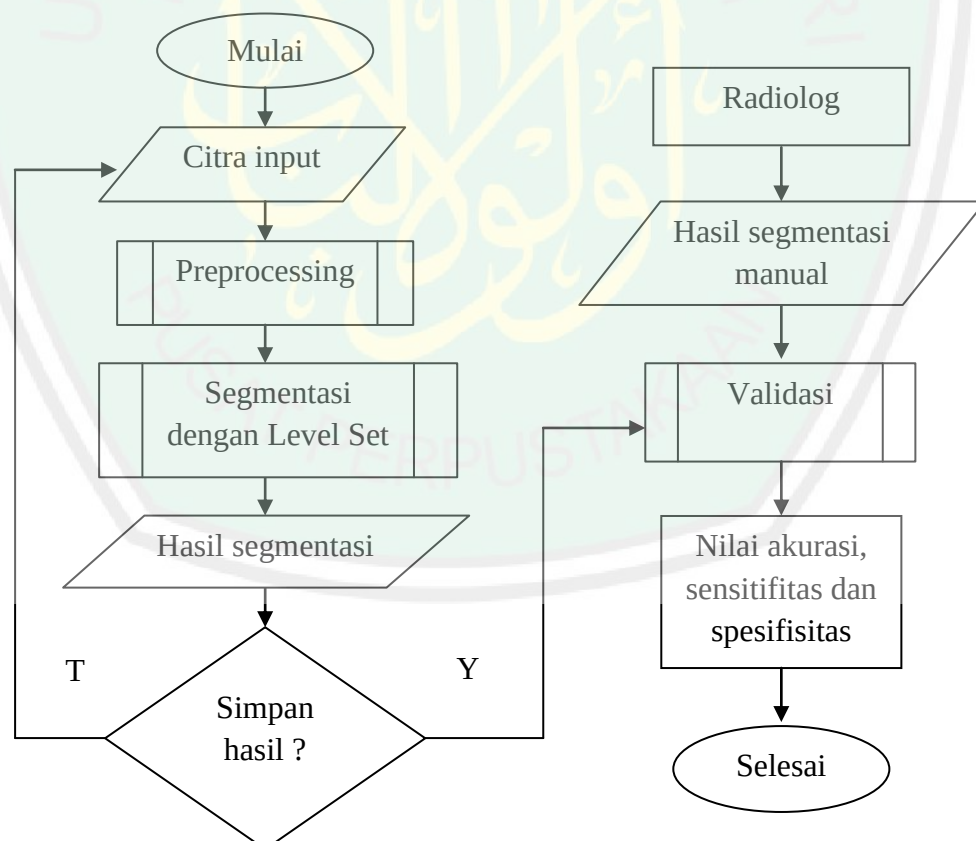
Segmentasi citra *x-ray thorax* dengan metode *level set* digunakan untuk mendapatkan objek gambar tulang selangka, kemudian hasil segmentasi program yang telah diperoleh dibandingkan dengan hasil segmentasi manual dengan

menggunakan validasi, dimana akan didapatkan nilai akurasi, sensitifitas dan spesifisitas. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari *database* publik <http://www.isi.uu.nl/Research/Databases/SCR/>.

3.2 Perancangan Sistem

Aplikasi ini dibuat untuk mendapatkan objek gambar tulang selangka dari citra *x-ray thorax* yang telah diinputkan oleh aktor (*user*). Melalui proses *preprocessing* untuk memperbaiki kualitas citra, setelah di-*preprocessing*, kemudian disegmentasi untuk mendapatkan objek gambar tulang selangka.

Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir dari sistem ini.



Gambar 3.1 Diagram alir sistem

3.2.1 Input Citra

User menginputkan citra *x-ray thorax* yang sudah dalam bentuk *file* gambar, dengan ukuran 256 x 256 dan format *joint photographic experts group* (*.jpg atau *.jpeg) seperti pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Contoh data citra *x-ray thorax*

Citra *x-ray thorax* tersebut masih dalam bentuk RGB, dalam proses selanjutnya akan diubah dalam bentuk *grayscale*.

3.2.2 Preprocessing (Proses Awal)

Gambar 3.3 merupakan proses *preprocessing* yang meliputi normalisasi citra dan filtering, bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra asli sehingga menaikkan tingkat keberhasilan proses selanjutnya.

a. Normalisasi

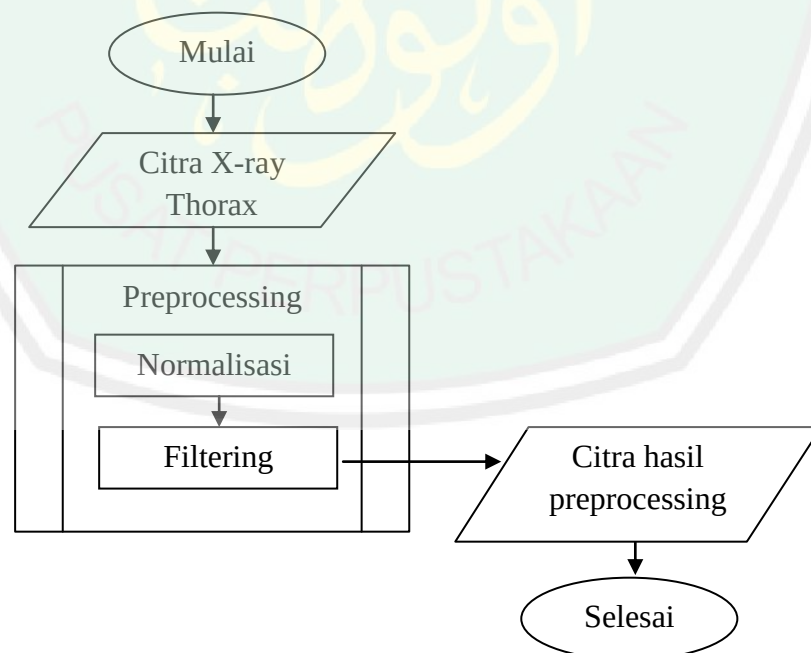
Untuk mempermudah pada proses selanjutnya maka dilakukan pengubahan citra RGB menjadi *grayscale* dan meresize ukuran citra jika terlalu besar. Data citra *x-ray thorax* pada penelitian ini memiliki ukuran 256 x 256, jadi tidak perlu melakukan *resize* citra. Pada **Gambar 3.4** merupakan proses pengubahan citra RGB menjadi *grayscale*.

b. *Filtering*

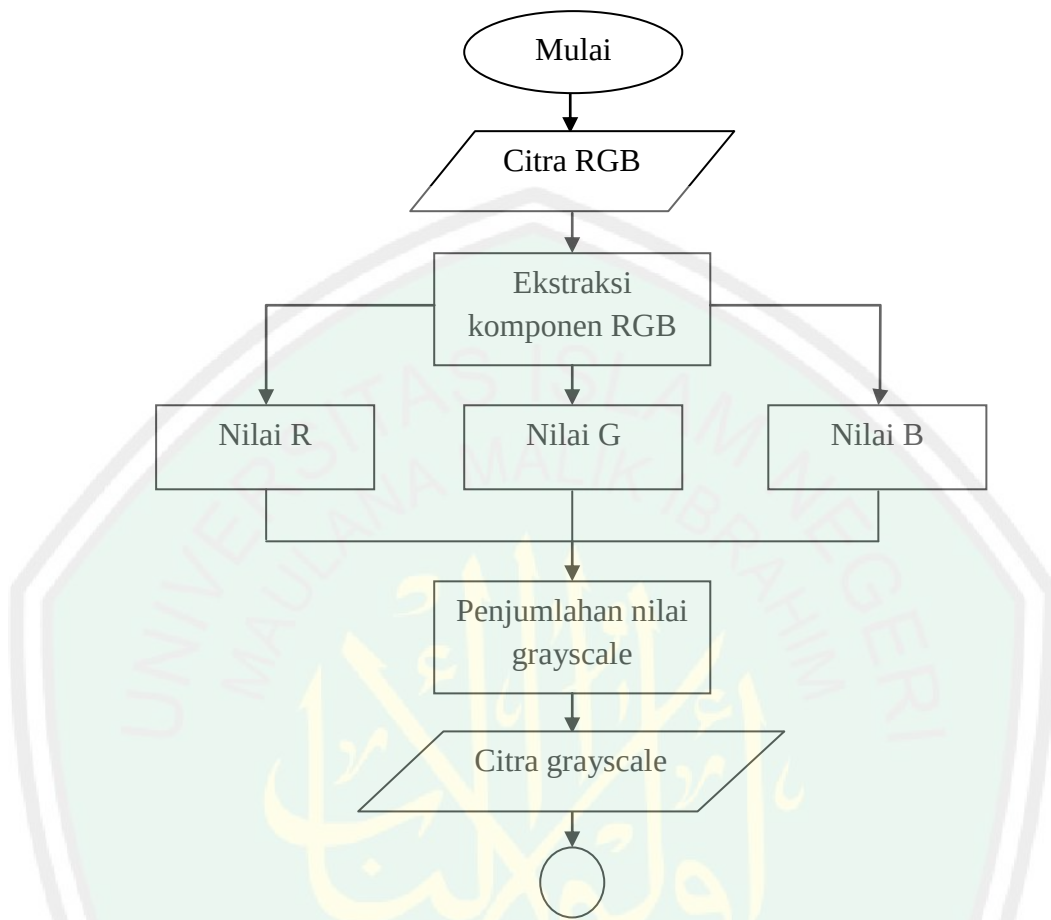
Filtering digunakan untuk memperbaiki kualitas citra, karena pada umumnya citra *x-ray thorax* masih terdapat *noise* dan tingkat kecerahan citra belum merata, sehingga akan mempersulit proses selanjutnya.

Filtering dalam penelitian ini menggunakan *high-boost filter* dan CLAHE.

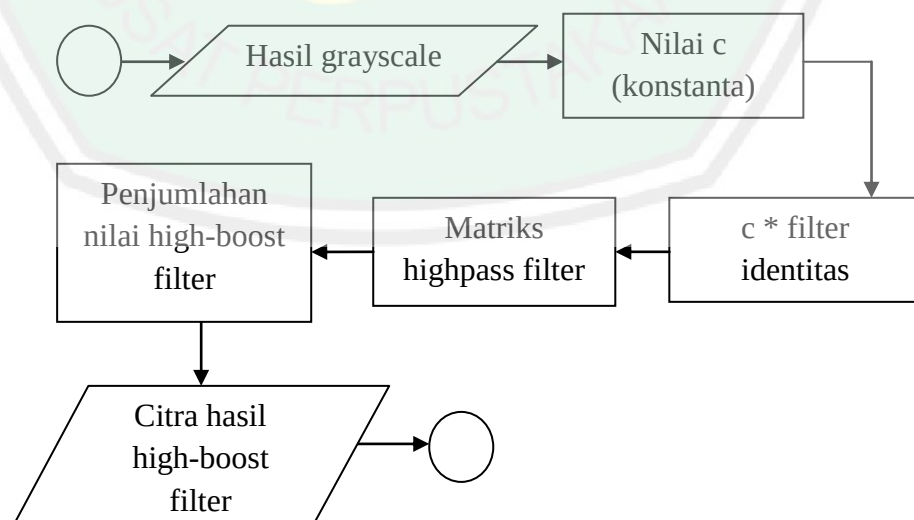
Gambar 3.5 merupakan diagram alir *high-boost filter*, *high-boost filter* digunakan untuk mendapatkan tepian dari citra dengan meningkatkan frekuensi tinggi tanpa harus menghilangkan frekuensi rendah. **Gambar 3.6** merupakan diagram alir CLAHE, CLAHE digunakan untuk memperbaiki kecerahan citra, Frekuensi tinggi adalah gambar tulang dan jantung sedangkan frekuensi rendah adalah gambar paru-paru. Objek dari penelitian ini adalah gambar tulang selangka.



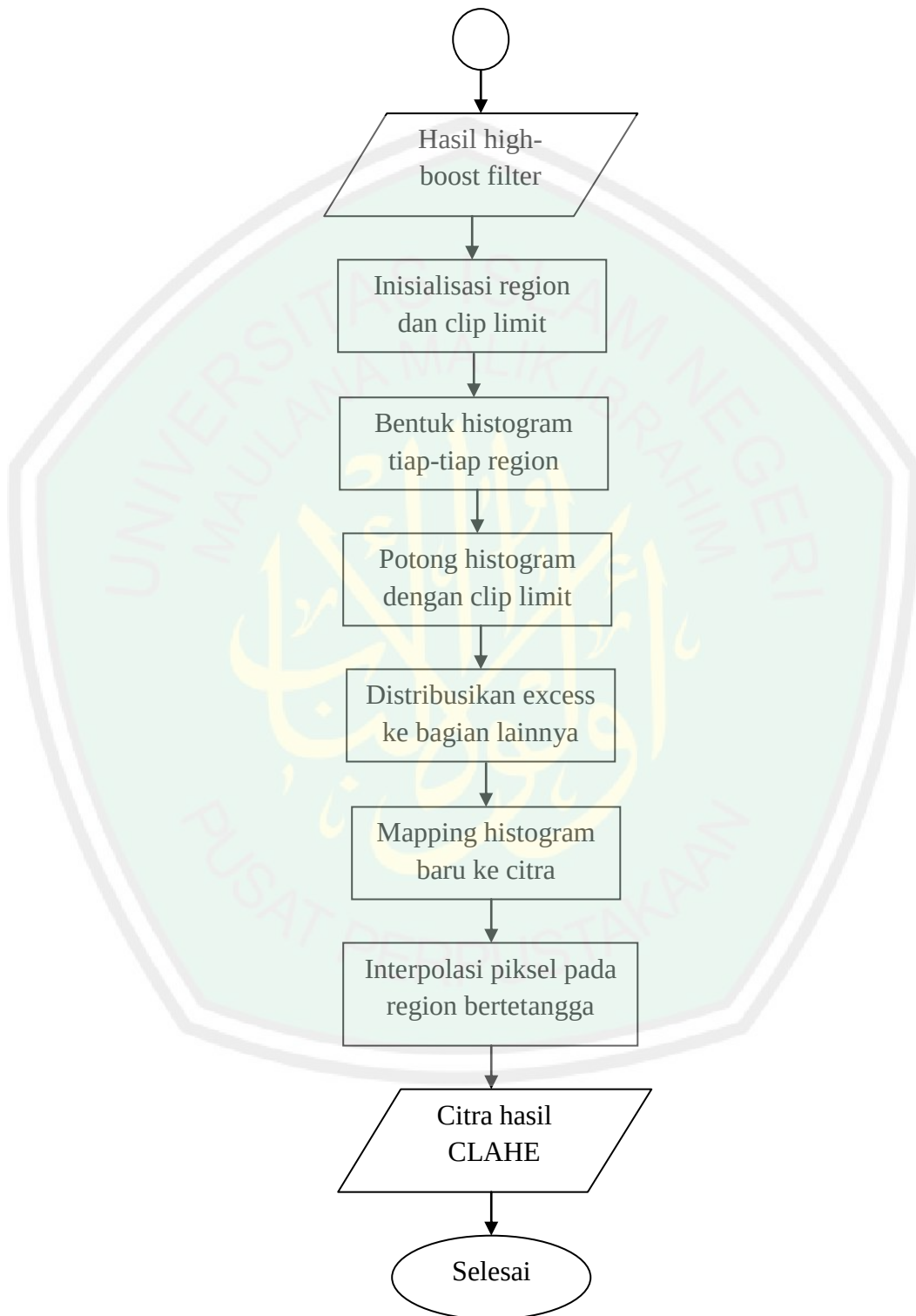
Gambar 3.3 Diagram alir *preprocessing*



Gambar 3.4 Diagram alir normalisasi



Gambar 3.5 Diagram alir *high-boost filter*

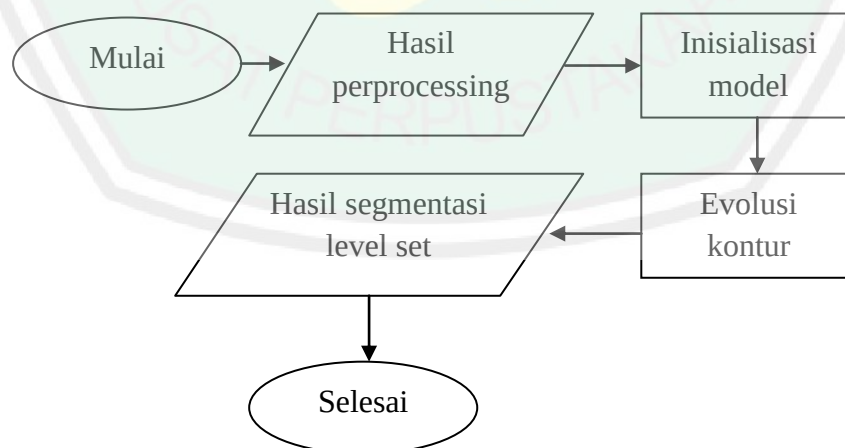


Gambar 3.6 Diagram alir filter CLAHE

3.2.3 Analisis Segmentasi dengan *Level Set*

Proses segmentasi dengan *level set* pada penelitian ini bertujuan untuk menampilkan objek tulang selangka pada citra *x-ray thorax*. Pada umumnya segmentasi digunakan untuk membagi citra menjadi objek-objek tertentu.

Ada dua proses di dalam segmentasi penelitian ini yaitu, inisialisasi model dan evolusi model. *User* menentukan dimana letak inisialisasi model pada citra *x-ray thorax* yang telah diinputkan dan di *preprocessing*. Sedangkan proses evolusi kontur berjalan berdasarkan dimana *user* menentukan letak inisialisasi model. Karena evolusi kontur dapat berkembang dengan dua mode yaitu mengembang atau mengempis. Jika mode mengembang maka inisialisasi model berada di dalam objek atau lebih kecil dari objek yang akan disegmentasi, sedangkan mode mengempis maka inisialisasi model berada di luar objek atau lebih besar dari objek yang akan disegmentasi. **Gambar 3.7** merupakan proses segmentasi dengan *level set*.



Gambar 3.7 Diagram alir proses segmentasi dengan metode *level set*

3.2.4 Validasi

Hasil segmentasi pada penelitian ini dihitung nilai validasinya. Hasil segmentasi dari penelitian ini dibandingkan dengan hasil segmentasi manual. Validasi menyatakan kemungkinan terjadinya kesalahan atau kebenaran pencocokan pada sistem. Langkah awal dari validasi adalah dicari nilai TP, FP, TN dan FN, setelah nilai ditemukan maka nilai akan dimasukkan ke dalam rumus akurasi, sensitifitas dan spesifisitas (2.15). Diagram alir dari validasi ini dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.



Gambar 3.8 Diagram alir proses validasi

3.3 Perancangan Antarmuka

Antarmuka adalah bentuk visual aplikasi yang digunakan sebagai perantara antara *user* dengan program aplikasi. Aplikasi dalam penelitian ini memiliki empat tampilan yaitu, menu utama, menu validasi, menu bantuan dan menu pembuat.

3.3.1 Antarmuka Menu Utama

Menu utama berfungsi sebagai tampilan utama. *User* akan menjalankan aplikasi ini dengan tampilan seperti pada **Gambar 3.9** sebelum menuju proses selanjutnya.

Validasi	Bantuan	Pembuat	Keluar	
Segmentasi Citra X-Ray Thorax Menggunakan Level Set				
Citra Asli		Citra Hasil Segmentasi		Simpan
Axes1		Axes2		
Info	Buka	Jalan		

Gambar 3.9 Rancangan menu utama

Pada rancangan antarmuka menu utama terdapat 4 (empat) yaitu,

1. Validasi : untuk menampilkan antarmuka menu validasi. Setelah proses segmentasi, proses selanjutnya adalah menghitung nilai akurasi, sensitifitas dan spesifisitas.
2. Bantuan : berisi cara penggunaan dari aplikasi sehingga *user* mengetahui menu-menu di dalam aplikasi.
3. Pembuat : berisi tentang pembuat aplikasi.
4. Keluar : untuk keluar dari aplikasi.

Penjelasan dari perancangan antarmuka menu utama adalah sebagai berikut:

1. Citra asli: terdapat kotak **axes1** berfungsi untuk menampilkan citra asli *x-ray thorax*. *Static text* **info** berfungsi untuk menampilkan informasi dimana citra tersebut diambil. *Push button* **buka** berfungsi untuk memilih citra *x-ray thorax*.
2. Citra hasil segmentasi: terdapat kotak **axes2** berfungsi untuk menampilkan hasil *preprocessing* dan segmentasi. *Push button* **jalan** berfungsi untuk menjalankan proses *preprocessing* dan segmentasi. *Push button* **simpan** untuk menyimpan citra hasil segmentasi.

3.3.2 Antarmuka Menu Validasi

Menu validasi berfungsi untuk membandingkan hasil segmentasi manual dengan hasil segmentasi aplikasi, kemudian menghitung nilai akurasi, sensitifitas dan spesifisitas. Tampilan menu validasi seperti pada **Gambar 3.10**.

Menu	
Hitung Validasi	
Hasil Segmentasi Manual	Hasil Segmentasi Program
Axes1	Axes2
Info	Buka
Info	Buka
Hitung Akurasi = Sensitifitas = Spesiitas =	

Gambar 3.10 Rancangan menu validasi

Penjelasan dari perancangan antarmuka menu validasi adalah sebagai berikut:

1. Hasil segmentasi manual : terdapat kotak **axes1** berfungsi untuk menampilkan citra biner hasil segmentasi manual. *Static text info* berfungsi untuk menampilkan informasi dimana citra tersebut diambil. *Push button buka* berfungsi untuk memilih citra biner. Ada 2 (dua) menu yaitu, **kembali** dan **keluar**. **Kembali** berfungsi untuk kembali ke menu utama dan **keluar** berfungsi untuk keluar dari aplikasi.
2. Hasil segmentasi program : terdapat kotak **axes2** berfungsi untuk menampilkan citra biner hasil segmentasi program. *Static text info* berfungsi untuk menampilkan informasi dimana citra tersebut diambil. *Push button buka* berfungsi untuk memilih citra biner. *Push button hitung*

untuk proses menghitung nilai akurasi, sensitifitas dan spesifisitas. *Static text* akurasi, sensitifitas dan spesifisitas untuk menampilkan nilai.

3.3.3 Antarmuka Menu Bantuan

Menu bantuan berisi cara penggunaan dari aplikasi sehingga *user* mengetahui menu-menu di dalam aplikasi. Tampilan menu bantuan dapat dilihat pada **Gambar 3.11**. Terdapat 1 (satu) menu yaitu **kembali** yang mempunyai fungsi untuk kembali ke menu utama.

Kembali	
Cara penggunaan	

Gambar 3.11 Rancangan menu bantuan

3.3.4 Antarmuka Menu Pembuat

Menu pembuat berisi tentang pembuat aplikasi. **Gambar 3.12** merupakan rancangan antarmuka menu pembuat. Terdapat 1 (satu) menu yaitu **kembali** yang mempunyai fungsi untuk kembali ke menu utama. **Axes1** untuk menampilkan logo universitas dan *static text* untuk menampilkan keterangan pembuat aplikasi.

Kembali	
Segmentasi Citra X-Ray Thorax Menggunakan Level Set Axes1 Marisqa Aini 07650054 Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang 2012	

Gambar 3.12 Rancangan menu pembuat

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Antarmuka dan Sistem

Implementasi adalah pelaksanaan dan pembuatan rancangan sistem yang telah dibuat untuk diterapkan ke dalam komputer. Implementasi antarmuka dan sistem dibuat dengan menggunakan bahasa matlab dan menggunakan MATLAB R2010a. Rancangan sistem “Segmentasi Tulang Selangka Pada Citra *X-Ray Thorax* Dengan Menggunakan Metode *Level Set*” telah dijelaskan pada Bab 3 sebelumnya.

4.1.1 Implementasi Antarmuka dan Sistem Menu Utama

Antar muka menu utama aplikasi “Segmentasi Tulang Selangka Pada Citra *X-Ray Thorax* Dengan Menggunakan Metode *Level Set*” seperti pada **Gambar 4.1** merupakan tampilan yang muncul pertama kali setiap menjalankan aplikasi ini. Menu utama ini menghubungkan dengan menu-menu lain yang ada di dalam aplikasi. Pada tampilan antarmuka terdapat empat menu yaitu,

- a. Menu Validasi : untuk menampilkan antarmuka menu validasi. Setelah proses segmentasi, proses selanjutnya adalah menghitung nilai akurasi, sensitifitas dan spesifisitas.
- b. Menu Bantuan : berisi cara penggunaan dari aplikasi sehingga *user* mengetahui menu-menu di dalam aplikasi.
- c. Menu Pembuat : berisi tentang pembuat aplikasi
- d. Menu Keluar : untuk keluar dari aplikasi

Dan terdapat tiga *button* (tombol) untuk proses segmentasi citra *x-ray thorax* yaitu,

1. Buka : untuk memilih atau memasukkan data citra *x-ray thorax* yang akan dilakukan proses segmentasi menggunakan *level set*.
2. Jalan : untuk menjalankan proses *preprocessing* dan segmentasi.
3. Simpan : untuk menyimpan hasil segmentasi.



Gambar 4.1 Antarmuka menu utama

Source code untuk memanggil menu validasi dapat dilihat pada **Gambar 4.2**, menu Bantuan dapat dilihat pada **Gambar 4.3**, menu Pembuat dapat dilihat pada **Gambar 4.4**, dan menu Keluar dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.

Source code button Buka dan Simpan dapat dilihat pada **Gambar 4.6** dan **Gambar 4.7**. Pada saat menjalankan *button* Jalan terdapat dua proses di dalamnya yaitu, *preprocessing* dan *segmentasi*.


```
function roc_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to roc (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
delete(handles.figure1);
roc=openfig('roc.fig');
handles=guihandles(roc);
guidata(roc,handles);
```

Gambar 4.2 Source code untuk memanggil menu Validasi

```
function bantuan_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to bantuan (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
delete(handles.figure1);
bantuan=openfig('help.fig');
handles=guihandles(bantuan);
guidata(bantuan,handles);
```

Gambar 4.3 Source code untuk memanggil menu Bantuan

```
function pembuat_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pembuat (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
delete(handles.figure1);
tentang=openfig('about.fig');
handles=guihandles(tentang);
guidata(tentang,handles);
```

Gambar 4.4 Source code untuk memanggil menu Pembuat

```
function keluar_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to keluar (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
delete(handles.figure1);
```

Gambar 4.5 Source code menu Keluar

```

function tom_open_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to tom_open (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
global data
[nama_file,direktori]=uigetfile({'*.jpg;*.bmp;*.png;*.tiff;
*.gif;*.pgm'});
if ~isequal(nama_file,0);
    data=imread(fullfile(direktori,nama_file));
    %handles.data=data;
    axes(handles.axes1);
    imshow(data);
    guidata(hObject,handles);
else
    return;
end

set(handles.info,'String',fullfile(direktori,nama_file));

```

Gambar 4.6 Source code button Buka

```

function tom_save_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to tom_save (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future
version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data
(see GUIDATA)
global u

f=getframe(gca);
[u,map]=frame2im(f);
[namafile,pathname]=uiputfile('*.jpg','Save As');
nama=fullfile(pathname,namafile);
imwrite(u,nama,'jpg');

```

Gambar 4.7 Source code button Simpan

1. Implementasi *Preprocessing*

Implementasi *preprocessing* bertujuan memperbaiki citra supaya dapat diproses lebih lanjut dan menghasilkan nilai yang lebih baik. Tahapan *preprocessing* sesuai dengan rancangan sistem yang telah dijelaskan pada Bab 3.

Implementasi *preprocessing* dapat dijelaskan sebagai berikut:

- **Normalisasi (Grayscale)**

Citra *x-ray thorax* terlebih dahulu dilakukan proses normalisasi yaitu proses konversi citra RGB ke citra *grayscale*. Penggunaan global bertujuan agar data dari citra *x-ray thorax* dapat diakses oleh fungsi lain. Citra RGB diekstrak menjadi tiga nilai yaitu, nilai Red, nilai Green dan nilai Blue. Nilai R dikalikan dengan nilai 0.2989, nilai G dikalikan dengan 0.5870 dan nilai B dikalikan dengan 0.1140. Kemudian nilai ketiganya dijumlahkan dan menghasilkan citra *grayscale* dengan rentang nilai 0-255. **Gambar 4.8** merupakan *source code* dari proses normalisasi.

```
function tom_prepro_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to tom_prepro (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future
version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
global data
gray=zeros(size(data,1),size(data,2));
for i=1:size(data,1)
    for j=1:size(data,2)
        gray(i,j)=0.2989*data(i,j,1)+0.5870*data(i,j,2)
            +0.1140*data(i,j,3);
    end
end
```

Gambar 4.8 Source code grayscale

- **Filtering**

Proses *filtering* adalah proses untuk memperbaiki citra sebelum memasuki tahap segmentasi, misalnya untuk mengurangi *noise* dan memperkuat objek yang akan diproses. Ada dua filter yang digunakan yaitu,

a. High-Boost Filter

High-boost filter merupakan filter setelah proses *grayscale*. **Gambar 4.9** *source code* dari *high-boost* filter. *High-boost* filter digunakan untuk mendapatkan tepian citra.

```
%high-boost filter
c=1.1;
w_all=c*[0 0 0;0 1 0;0 0 0];
w_high=[0 -1 0;-1 4 -1;0 -1 0];
w_boost=w_all+w_high;
%menampilkan hasil high-boost filter
high=conv2(gray,w_boost,'same');
hasil=uint8(high);
```

Gambar 4.9 *Source code high-boost filter*

C adalah variabel konstanta yang dipilih untuk memperoleh hasil yang terbaik, kemudian dikalikan dengan filter identitas. *W_{all}* adalah variabel dari perkalian filter identitas dengan konstanta. Setelah proses tersebut, hasil dari perkalian keduanya dijumlahkan dengan matrik *high-pass* filter yang mempunyai variabel bernama *w_{high}*. *W_{boost}* adalah variabel penamaan dari penjumlahan *w_{all}* dan *w_{high}*. *High* dan *hasil* adalah variabel untuk menampilkan hasil citra *high-boost* filter 8 (delapan) bit.

b. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization

CLAHE adalah filter untuk memperbaiki tingkat kecerahan dari citra. *Source code* dari CLAHE dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.

```
%clahe
clahe=adapthisteq(hasil,'ClipLimit',0.02,'Range',
'full','Distribution','exponential');
axes(handles.axes2);
imshow(clahe);
```

Gambar 4.10 *Source code filter CLAHE*

Clahe adalah variabel fungsi, dan *adapthisteq* adalah fungsi dari CLAHE. Hasil adalah variabel dari hasil *high-boost filter* dan yang akan diperbaiki. *Cliplimit* adalah faktor kontras yang mencegah over-saturasi gambar khususnya di daerah-daerah homogen, karena banyak *pixel* jatuh dalam kisaran level yang sama yaitu abu-abu dan *cliplimit* memiliki nilai *default* yaitu 0.01. *Range* merupakan salah satu string, mengontrol berbagai data output, pilihannya ada dua yaitu *original* dan *full*, *default* dari *range* adalah *full*. *Distribution* untuk membentuk histogram, dapat memilih salah satu dari tiga string yaitu *uniform*, *rayleigh*, dan *exponential*. Hasil *preprocessing* dari citra *x-ray thorax* dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



Gambar 4.11 Contoh citra *x-ray thorax* setelah di *preprocessing*

2. Implementasi Segmentasi

Setelah melalui proses *preprocessing*, citra *x-ray thorax* disegmentasi dengan metode *level set* untuk mendapatkan *contour* dari tulang selangka. Segmentasi berfungsi untuk memisahkan antara objek dengan *background*. Tahapan proses segmentasi dapat dilihat pada **Gambar 4.12** dan **Gambar 4.13**, sedangkan **Gambar 4.14** adalah fungsi evolusi metode *level set*. Tahapan proses segmentasi sebagai berikut:

- **Inisialisasi model awal**

```
%inisialisasi awal menentukan region

Img=double(clahe(:,:,1));
sigma=1.5; % parameter untuk gaussian smoothing
G=fspecial('gaussian',15,sigma);
Img_smooth=conv2(ones(size(Img)),G,'same');% smooth image by
Gaussiin convolution
[Ix,Iy]=gradient(Img_smooth);
f=Ix.^2+Iy.^2;
g=1./(1+f); % edge indicator function.

epsilon=1.5;
timestep=5; % time step
mu=0.2/timestep;
lambda=5;
alf=3;

[nrow, ncol]=size(Img);
BW = roipoly;
c0=4; %konstanta untuk biner fungsi level set
initialLSF= c0*2*(0.5-BW); -c0 di dalam R, c0 di luar R;
u=initialLSF;
contour(u,[0 0],'r'); %contour dr fungsi level set
u=initialLSF;
imshow(Img,[]);hold on; contour(u,[0 0],'r');
title('Initial contour');
```

Gambar 4.12 Source code inisialisasi model awal

- **Evolusi kontur**

```
% start level set evolution
for n=1:20
    u=segmentasi2(u, g, lambda, mu, alf, epsilon, timestep,
1);
    if mod(n,1)==0
        pause(0.001);
        axes(handles.axes2);
        imshow(Img, []);hold on;
        contour(u,[0 0],'r');
        iterNum=[num2str(n), ' iterations'];
        title(iterNum);
        hold off;
    end
end
imshow(Img, []);hold on; contour(u,[0 0],'r');
totalIterNum=[num2str(n),'iterations']; imshow(u);
title(['Final contour, ',totalIterNum]);
```

Gambar 4.13 Source code evolusi kontur


```

function ev_u = segmentasi2(u, g, lambda, mu, alf, epsilon,
timestep, numIter)
    [vx,vy]=gradient(g);
    for k=1:numIter
        u=NB(u);
        [ux,uy]=gradient(u);
        normDu=sqrt(ux.^2 + uy.^2 + 1e-10);
        Nx=ux./normDu;
        Ny=uy./normDu;
        f=Dirac(u,epsilon);
        K=kurva_tengah(Nx,Ny);
        P=mu*(4*del2(u)-K);
        Lg=lambda*f.*(vx.*Nx + vy.*Ny + g.*K);
        Ag=alf.*f.*g;
        ev_u=u+timestep*(Lg + Ag + P); % update the level set
    end

function f = Dirac(u, epsilon)
    f=(1/2/epsilon)*(1+cos(pi*u/epsilon));
    b = (u<=epsilon) & (u>=-epsilon);
    f = f.*b;

function K = kurva_tengah(Nx,Ny)
    [nxx,junk]=gradient(Nx);
    [junk,nyy]=gradient(Ny);
    K=nxx+nyy;

function u = NB(i)
    [nrow,ncol] = size(i);
    u = i;
    u([1 nrow],[1 ncol]) = u([1 nrow-2],[1 ncol-2]);
    u([1 nrow],[1 ncol]) = u([3 nrow-2],[3 ncol-2]);
    u([1 nrow],2:end-1) = u([3 nrow-2],2:end-1);

```

Gambar 4.14 Source code fungsi evolusi level set

4.1.2 Implementasi Antarmuka dan Sistem Menu Validasi

Menu validasi merupakan penghitungan untuk membandingkan antara hasil segmentasi manual dengan hasil segmentasi program dan untuk mengetahui nilai akurasi, sensitifitas dan spesifisitas. **Gambar 4.15** merupakan tampilan menu validasi, pada tampilan menu validasi terdapat dua menu yaitu,

- a. Menu Kembali : untuk kembali ke tampilan menu utama
- b. Menu Keluar : untuk keluar dari aplikasi

Dan terdapat tiga *button* (tombol) yaitu,

1. Buka pertama : untuk memilih atau memasukkan data hasil segmentasi manual.
2. Buka kedua : untuk memilih atau memasukkan data hasil segmentasi program.
3. Hitung : untuk menghitung nilai akurasi, sensitifitas dan spesifisitas.



Gambar 4.15 Antarmuka menu Validasi

Source code menu Kembali dan Keluar dapat dilihat pada **Gambar 4.16** dan **Gambar 4.17**. Source code *button* Buka pertama dapat dilihat pada **Gambar 4.18**, source code *button* Buka kedua dapat dilihat pada **Gambar 4.19**, dan pada saat menjalankan *button* Hitung terdapat proses validasi di dalamnya.

```
function Kembali_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Kembali (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
delete(handles.figure1);
segmentasi=openfig('gui.fig');
handles=guihandles(segmentasi);
guidata(segmentasi,handles);
```

Gambar 4.16 Source code menu Kembali

```
function Keluar_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Keluar (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
delete(handles.figure1);
```

Gambar 4.17 Source code menu Keluar

```
function tom_open_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to tom_open (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see
GUIDATA)
global data
[nama_file,direktori]=uigetfile({'*.jpg'});
if ~isequal(nama_file,0);
    data=im2bw(imread(fullfile(direktori,nama_file)));
    %handles.data=data;
    axes(handles.axes1);
    imshow(data);
    guidata(hObject,handles);
else
    return
end

set(handles.info,'String',fullfile(direktori,nama_file));
```

Gambar 4.18 Source code button Buka pertama

```

function tom_open2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to tom_open2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
global data2
[nama_file,direktori]=uigetfile({'*.jpg'});
if ~isequal(nama_file,0);

data2=imresize(im2bw(imread(fullfile(direktori,nama_file)))
,[256 256]);
    %handles.data=data;
    axes(handles.axes2);
    imshow(~data2);
    guidata(hObject,handles);
else
    return
end

set(handles.info2,'String',fullfile(direktori,nama_file));

```

Gambar 4.19 Source code button Buka kedua

- **Implementasi Validasi**

Validasi bertujuan untuk mengetahui kecocokan atau kesalahan pada sistem. Validasi dalam penelitian ini untuk mencari nilai akurasi, sensitifitas dan spesifisitas, tetapi sebelumnya mencari nilai TP, FP, TN dan FN. **Gambar 4.20** adalah *source code* dari validasi. Perhitungan akurasi, sensitifitas dan spesifisitas dikalikan dengan 100, karena perhitungan validasi tersebut dalam bentuk prosentase.

```

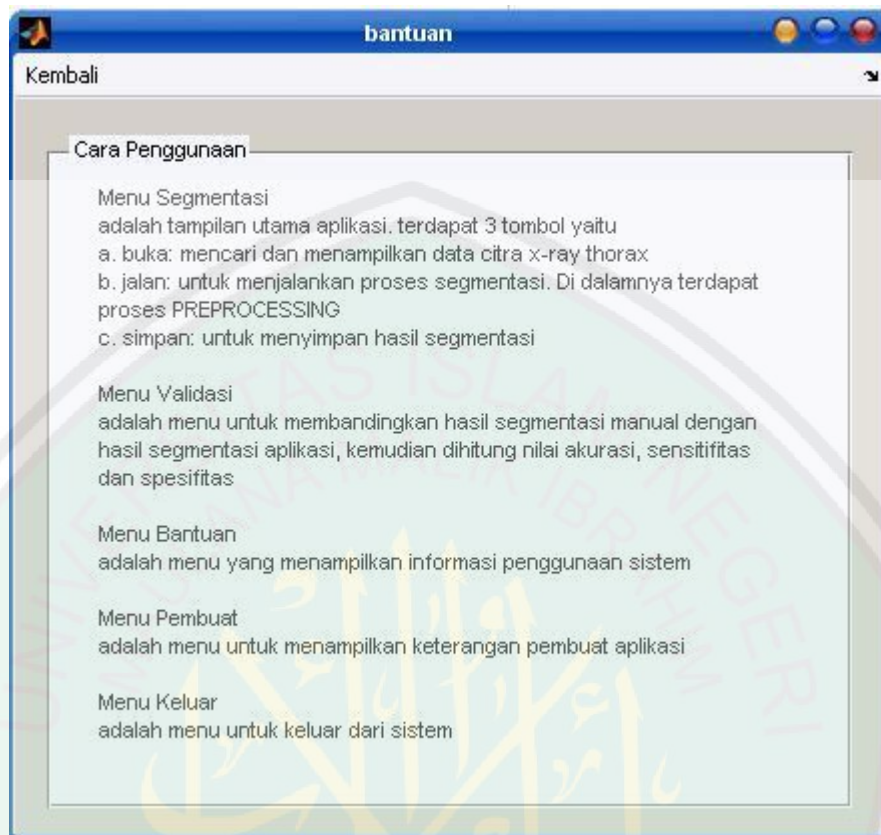
function hitung_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to hitung (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and
user data (see GUIDATA)
global data data2
hasil=data+(~data2);
TN=0; TP=0; FN=0; FP=0;
for i=1:size(hasil,1)
    for j=1:size(hasil,2)
        if hasil(i,j)==2
            TP=TP+1;
        elseif hasil(i,j)==1
            FN=FN+1;
        end
    end
end
a=sum(sum(data==1));
FP=a-TP;
TN=(256*256)-(TP+FN+FP);
[TN FN TP FP]
akurasi=100*(TP+TN)/(TP+FN+FP+TN);
sensitifitas=100*(TP/(TP+FN));
spesifisitas=100*(TN/(FP+TN));
set(handles.hasil,'String',akurasi);
set(handles.hasil2,'String',sensitifitas);
set(handles.hasil3,'String',spesifisitas);

```

Gambar 4.20 Source code validasi

4.1.3 Implementasi Antarmuka Menu Bantuan

Gambar 4.21 merupakan tampilan menu Bantuan. Pada tampilan menu bantuan terdapat satu menu yaitu, kembali yang digunakan untuk kembali ke menu utama, dapat dilihat pada **Gambar 4.22**.



Gambar 4.21 Antarmuka menu Bantuan

```
function kembali_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to kembali (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
delete(handles.figure1);
kembali=openfig('gui.fig');
handles=guihandles(kembali);
guidata(kembali,handles);
```

Gambar 4.22 Source code menu Kembali

4.1.4 Implementasi Antarmuka Menu Pembuat

Gambar 4.23 merupakan tampilan menu Pembuat. Pada tampilan menu Pembuat terdapat satu menu yaitu, kembali yang digunakan untuk kembali ke menu utama, dapat dilihat pada **Gambar 4.24**.



Gambar 4.23 Antarmuka menu Pembuat

```
function kembali_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to kembali (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version
of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see
GUIDATA)
delete(handles.figure1);
kembali=openfig('gui.fig');
handles=guihandles(kembali);
guidata(kembali,handles);
```

Gambar 4.24 source code menu Kembali

4.2 Hasil Uji Coba Segmentasi Pada Objek Tunggal dengan Menggunakan Metode *Level Set*

Metode level set diujicobakan pada citra objek tunggal sebelum melakukan proses segmentasi pada citra *x-ray thorax*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari metode *level set* pada citra objek tunggal. Pengujian segmentasi citra objek tunggal ini juga menggunakan standar

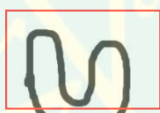
pengukuran kesalahan atau error, dan di dalam pengujian ini menggunakan *Mean Square Error* (MSE).

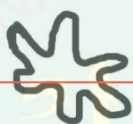
Mean Square Error (MSE) adalah nilai rata-rata kuadrat error antara citra asli dengan citra hasil segmentasi, dimana citra hasil segmentasi memiliki ukuran yang sama dengan citra asli untuk menentukan tingkat kesalahan pada hasil segmentasi menggunakan metode *level set*. MSE merupakan pengukuran yang baik untuk mengukur kesamaan dua citra, misalnya ada buah citra x dan y dengan dimensi yang sama sebesar $M \times N$ dan penghitungan MSE antar kedua citra dapat didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M + \sum_{j=1}^N (x_{ij} - y_{ij})^2 \quad (4.1)$$

Semakin besar nilai MSE, maka semakin besar perbedaan antara 2 buah citra yang telah dibandingkan. MSE adalah metode lain yang berfungsi untuk mengevaluasi metode peramalan, masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah observasi. **Tabel 4.1** merupakan hasil segmentasi menggunakan metode *level set* pada objek tunggal.

Tabel 4.1 Hasil uji coba segmentasi menggunakan metode *level set* pada objek tunggal

No	Citra Asli	Inisialisasi Awal	Hasil Segmentasi	Nilai <i>Mean Square Error</i> (MSE)
1				0.9210
2				13.6587
3				10.4376
4				0.3495
5				13.8453
6				11.9467

7				0.7197
8				13.7562
9				10.1284

Pada **Tabel 4.1** dapat dilihat bahwa proses segmentasi citra objek tunggal menggunakan metode *level set* dan setelah dilakukan perhitungan MSE dapat disimpulkan bahwa metode *level set* pada skripsi ini hanya mampu mensegmentasi citra jika inisialisasi awal berada di luar objek atau biasa disebut dengan mode mengempis. Jika inisialisasi berada di dalam objek dan inisialisasi berpotongan dengan objek maka nilai MSE bernilai lebih dari 0, karena semakin kecil nilai MSE maka keakurasian semakin akurat, apabila nilai $MSE = 0$ maka prosentase aplikasi bekerja secara sempurna. **Gambar 4.25** merupakan *source code* menghitung nilai *mean square error* (MSE).

```

manual_Image =
imread('D:\levelset3\newLS\objek\hurup.jpg');
Seg_Image = imread('D:\levelset3\newLS\objek\upotong.jpg');

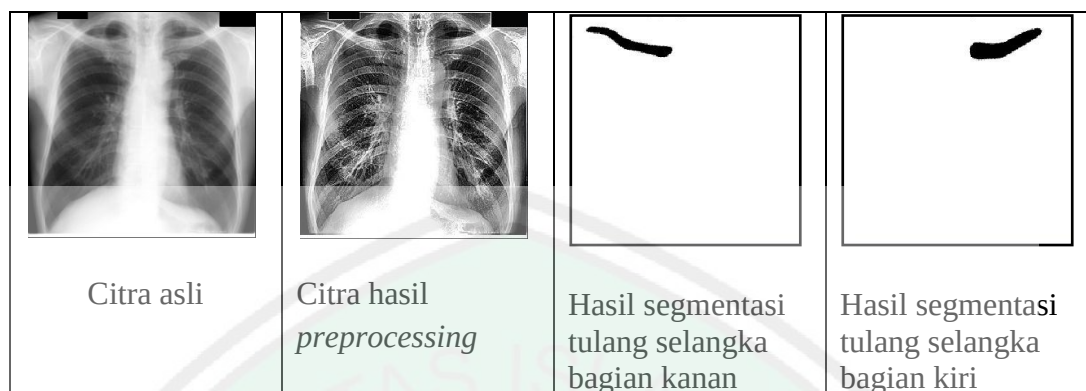
%Rumus MSE
[M N] = size(manual_Image);
error = manual_Image - Seg_Image;
Mean_Square_Error = sum(sum(error .* error)) / (M * N)

```

Gambar 4.25 Source code untuk menghitung nilai MSE

4.3 Hasil Uji Coba Segmentasi Tulang Selangka dengan Menggunakan Metode Level Set dan Hasil Perhitungan Citra Hasil Segmentasi Manual dengan Citra Hasil Segmentasi Program Menggunakan Validasi

Langkah pertama dari metode level set yaitu, inisialisasi awal atau inisialisasi model awal. Inisialisasi awal dilakukan dengan menempatkan titik-titik secara manual yang diinputkan di dekat objek tulang selangka. Kemudian inisialisasi awal yang sudah diinputkan mengalami evolusi, yang biasa disebut dengan evolusi kontur. Evolusi kontur di dalam penelitian ini bergerak mengempis, karena inisialisasi awal berada di luar atau lebih besar dari objek tulang selangka. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan parameter yang telah ditentukan atau *default* yaitu, $\varepsilon = 1.5$, $\mu = 0.04$, $\tau = 5$, $\alpha = 3$, $\lambda = 5$. **Gambar 4.26** adalah contoh hasil uji coba segmentasi tulang selangka dengan menggunakan metode *level set*.



Gambar 4.26 Contoh hasil uji coba segmentasi tulang selangka

Citra hasil segmentasi metode *level set* dibandingkan dengan citra hasil segmentasi manual untuk mengetahui nilai ketepatan dan ketidaktepatan dari kedua citra tersebut. Pengujian segmentasi tulang selangka menggunakan data *input* sebanyak 15 citra dan perhitungan ini menggunakan validasi untuk mendapatkan nilai akurasi, sensitifitas dan spesifisitas. **Tabel 4.2** adalah hasil perhitungan perbandingan segmentasi tulang selangka bagian kanan. **Tabel 4.3** adalah hasil perhitungan perbandingan segmentasi tulang selangka bagian kiri.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan perbandingan citra hasil segmentasi tulang selangka bagian kanan

No	Nama Citra	Akurasi (%)	Sensitifitas (%)	Spesifisitas (%)
1	T.SelangkaKanan_8	99.408	76.8385	99.9204
2	T.SelangkaKanan_14	99.2615	63.9166	99.8665
3	T.SelangkaKanan_16	99.0311	68.4569	99.6605
4	T.SelangkaKanan_18	99.0372	70.1626	99.5895
5	T.SelangkaKanan_19	99.3515	74.6614	99.8335
6	T.SelangkaKanan_21	99.2126	65.3465	99.6354

7	T.SelangkaKanan_22	99.5926	79.4767	99.9751
8	T.SelangkaKanan_25	98.6465	51.4457	99.3802
9	T.SelangkaKanan_28	98.7244	61.5931	99.457
10	T.SelangkaKanan_35	99.1226	63.8961	99.7546
11	T.SelangkaKanan_37	99.1409	66.6062	99.6974
12	T.SelangkaKanan_38	99.4797	80.5834	99.8014
13	T.SelangkaKanan_39	99.324	63.5817	99.7836
14	T.SelangkaKanan_45	99.379	71.0366	99.958
15	T.SelangkaKanan_62	99.3988	81.4346	99.7296

Tabel 4.3 Hasil perhitungan perbandingan citra hasil segmentasi tulang selangka bagian kiri

No	Nama Citra	Akurasi (%)	Sensitifitas (%)	Spesifisitas (%)
1	T.SelangkaKiri_8	99.0723	70.3943	99.7656
2	T.SelangkaKiri_14	99.3149	66.4274	99.9564
3	T.SelangkaKiri_16	99.234	64.886	99.986
4	T.SelangkaKiri_18	99.1074	60.8596	99.8832
5	T.SelangkaKiri_19	99.1486	70.6767	99.7383
6	T.SelangkaKiri_21	99.44	64.6857	99.9103
7	T.SelangkaKiri_22	99.5667	80.4857	99.9084
8	T.SelangkaKiri_25	98.9517	60.0913	99.612
9	T.SelangkaKiri_28	98.6954	59.2366	99.5002
10	T.SelangkaKiri_35	99.3423	69.6744	99.8371

11	T.SelangkaKiri_37	99.5224	77.7046	99.8821
12	T.SelangkaKiri_38	99.5941	76.3562	99.9458
13	T.SelangkaKiri_39	99.2722	65.8922	99.8294
14	T.SelangkaKiri_45	99.2966	71.4786	99.7903
15	T.SelangkaKiri_62	99.2249	69.3724	99.7793

Tabel 4.4 menunjukkan rata-rata perhitungan dari membandingkan citra hasil segmentasi tulang selangka program dengan citra hasil segmentasi tulang selangka manual.

Tabel 4.4 Hasil rata-rata perhitungan citra hasil segmentasi metode *level set* menggunakan validasi

No	Nama Citra	Akurasi (%)	Sensitifitas (%)	Spesifisitas (%)
1.	T.SelangkaKanan	99.21	69.27	99.74
2.	T.SelangkaKiri	99.25	68.55	99.82

Berdasarkan **Tabel 4.4** dapat disimpulkan bahwa metode *level set* dapat digunakan untuk mensegmentasi tulang selangka. Rata-rata perbandingan dari hasil segmentasi tulang selangka bagian kanan yaitu, akurasi 99.21%, sensitifitas 69.27% dan spesifisitas 99.74% sedangkan rata-rata perbandingan dari hasil segmentasi tulang selangka bagian kiri yaitu, akurasi 99.25%, sensitifitas 68.55% dan spesifisitas 99.82%.

4.4 Segmentasi Tulang Selangka Menurut Sudut Pandang Islam

Teknologi semakin canggih dan berkembang seiring berjalannya zaman misalnya saja teknologi komputer. Teknologi komputer merupakan salah satu

ilmu pengetahuan yang perlu dipelajari karena Islam menuntut manusia untuk selalu belajar. Rasulullah bersabda:

طَلِبُ الْعِلْمِ فَرِيضَةٌ عَلَى كُلِّ مَسْلَمٍ

Artinya:

“Menuntut ilmu wajib atas tiap muslim (baik muslimin maupun muslimah).” (Riwayat Ibnu Majah diambil dari software HaditsWeb)

Proses segmentasi untuk pembacaan objek tertentu merupakan teknologi komputer dalam dunia medis. Segmentasi adalah proses memisahkan suatu objek yang satu dengan yang lain untuk mempermudah manusia menganalisis objek tertentu.

Islam telah menerangkan secara rinci dan jelas sekitar arkanul Islam, iman, Al-Qur'an, ilmu dan cabang-cabangnya, amal, dakwah kepada Allah, jihad, manusia dan hubungan kemasyarakatan, akhlak, peraturan yang berhubungan dengan harta, hal-hal yang berkaitan dengan hukum, negara dan masyarakat, pertanian dan perdagangan, sejarah dan kisah-kisah, agama-agama sebelum Islam yang terdapat dalam ayat-ayat Al-Qur'an dan yang tidak terdapat di dalam Al-Qur'an diterangkan secara rinci di dalam Al-Hadits. Karena Al-Hadits merupakan penjabaran makna tersurat dan tersirat dari isi kandungan Al-Qur'an.

Tidak ada satu amalan atau aturan yang mendatangkan kebajikan bagi umat manusia dalam kehidupan dunia dan akhirat melainkan telah dijelaskan di dalamnya. Tidak pula ada satu amalan pun yang membahayakan kehidupan mereka melainkan telah diperingatkan untuk ditinggalkan dan diajuhi, dan tidak ada satu pihak yang mampu menciptakan atau membuat aturan dan perundang-

undangan selengkap, sesempurna, seadil, dan sejujur syariat Islam yang diturunkan oleh Allah, sebagaimana firman-Nya:

وَتَمَّتْ كَلِمَتُ رَبِّكَ صِدْقًا وَعَدْلًا لَا مُبَدِّلَ لِكَلِمَتِهِ ۚ وَهُوَ السَّمِيعُ الْعَلِيمُ ﴿١١٥﴾

Artinya:

“Telah sempurnalah kalimat Tuhanmu (Al-Quran) sebagai kalimat yang benar dan adil. tidak ada yang dapat merubah robah kalimat-kalimat-Nya dan dia lah yang Maha Mendenyar lagi Maha Mengetahui.” (QS. Al-An’am [6]: 115)

لَا يَأْتِيهِ الْبَطِلُ مِنْ بَيْنِ يَدَيْهِ وَلَا مِنْ خَلْفِهِ ۚ تَنْزِيلٌ مِّنْ حَكِيمٍ حَمِيدٍ ﴿٤٢﴾

Artinya:

“Yang tidak datang kepadanya (Al Quran) kebatilan baik dari depan maupun dari belakangnya, yang diturunkan dari Rabb yang Maha Bijaksana lagi Maha Terpuji.” (QS. Fushshilat [41]: 42)

Islam dengan jelas memisahkan suatu aturan yang satu dengan lain, supaya manusia sebagai khalifah di bumi dapat menjalankan segala sesuatu sesuai dengan syariat Islam. Jika dihubungkan dengan segmentasi maka keduanya memiliki hubungan yaitu memisahkan antara yang satu dengan yang lain.

Segmentasi citra merupakan suatu ilmu teknologi yang perlu dikembangkan dalam dunia medis yang berhubungan dengan kesehatan manusia. Karena dengan adanya alat teknologi untuk segmentasi citra maka suatu penyakit yang diderita pada organ tertentu dapat dideteksi dengan cepat.

Setiap manusia memiliki kerangka yang terbuat dari ratusan tulang. Tulang-tulang ini menghasilkan struktur tubuh, membuat seseorang mudah bergerak dan melindungi organ-organ vital. Penelitian ini difokuskan pada segmentasi tulang selangka. Tulang selangka merupakan tulang penyusun anggota

badan bahu dan rentan mengalami patah tulang. Tulang selangka berfungsi memindahkan tenaga dari lengan menuju skelet aksial.

Tulang selalu rentan mengalami patah tulang, jadi sangat perlu menjaga kesehatan tulang. Menjaga kesehatan tulang seperti makan makanan dan minum minuman yang mengandung kalsium, berolahraga secara aktif, jauhi alkohol dan rokok, serta menghindari minuman bersoda agar tidak cepat mengalami keropos tulang demi kelangsungan hidup saat menginjak usia tua dan mempermudah untuk menganalisa tulang itu sendiri.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Segmentasi tulang selangka pada citra *x-ray thorax* menggunakan metode *level set* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut yaitu,

- Uji coba sistem yang dilakukan pada 15 data citra *x-ray thorax* mendapatkan rata-rata hasil akurasi 99.21 %, sensitifitas 69.27% dan spesifisitas 99.74% dari tulang selangka bagian kanan, sedangkan rata-rata hasil akurasi 99.25%, sensitifitas 68.55% dan spesifisitas 99.82% dari tulang selangka bagian kiri.
- Metode *level set* pada aplikasi ini mampu mensegmentasi suatu citra dengan mode evolusi kontur mengempis atau jika inisialisasi awal berada di luar objek yang akan disegmentasi.

5.2 Saran

Aplikasi ini masih memiliki banyak kekurangan sehingga dapat digunakan menjadi acuan dalam pengembangan penelitian di masa yang akan datang. Terdapat beberapa saran untuk aplikasi ini yaitu,

1. Aplikasi masih terbatas dalam hal segmentasi saja, belum menyangkut apa dan bagaimana kelainan dari tulang selangka.
2. Aplikasi ini menggunakan data publik, sehingga diharapkan pengembangan selanjutnya menggunakan data hasil *rontgen*.
3. Inisialisasi awal diletakkan pada posisi yang paling dekat dengan tepian objek yang akan di segmentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiruddin, Aam. 2005. *Tafsir Al-Qur'an Kontemporer Juz Amma Jilid II*. Bandung: Khazanah Intelektual.
- Faiz, Omar & David Moffat. 2002. *At A Glance Anatomi*. Blackwell Science.
- Gunadi. Kartika, Cherry Galatia Ballangan, & Yohan Siswanto. *Aplikasi Segmentasi Gambar dengan Menggunakan Metode Level Set*. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra. Jurnal Informatika Vol. 8, No. 2, Nopember 2007: 130 – 133.
- Haeri, Syekh Fadhlullah. 2001. *Cahaya Al-Quran*. Jakarta: PT. Serambi Ilmu Semesta.
- Janson, Hendry. 2012. *Digital Image Processing*. Universitas Gajah Mada.
- Lailyana, Eviv. 2009. *Segmentasi Citra Medis Paru-paru Pada Citra X-ray Menggunakan Level Set*. Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh November.
- Li, Chunming, dkk. 2005. *Level Set Evolution Without Re-initialization: A New Variational Formulation*. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05).
- Liong, The Houw. 1982. *Konsep Fisika Modern*. Jakarta: Erlangga.
- Marieb, Elaine N. 2005. *Anatomy & Physiology Second Edition*. San Francisco: Pearson Education, Inc.
- Masruri, M. Hadi & Imron Rossidy. 2007. *Filsafat Sains Dalam Al-Qur'an: Melacak Kerangka Dasar Integrasi Ilmu Dan Agama*. Malang: UIN-Malang Press.
- Munir, Rinaldi. 2004. *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika.

- Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Suyatno, Ferry. 2008. *Aplikasi Radiasi Sinar-X di Bidang Kedokteran Untuk Menunjang Kesehatan Masyarakat*. Yogyakarta: Seminar Nasional IV Sdm Teknologi Nuklir ISSN 1978-0176
- Syaifuddin. 2009. *Anatomi Tubuh Manusia Untuk Mahasiswa Keperawatan*. Jakarta: Salemba Medika.
- Qomariah, Syarifatun N, dkk. 2011. *Implementasi Segmentasi Pembuluh Retina Dengan Metode Multi-Scale Line Tracking*. Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, ITS. Makalah Seminar Tugas Akhir Periode Juli.
- Quthb, Sayyid. 1992. *Tafsir Fi Zhilalil-Qur'an XII*. Beirut: Darusy-syuruq.
- Wijaya, Marvin Ch, & Agus Prijono. 2007. *Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab Image Processing Toolbox*. Bandung: Informatika.
- Wildan, Hidayat. 2010. *Perlindungan Pesan Rahasia Pada Citra Digital Menggunakan Metode Least Significant Bit Steganografi*. Departemen Matematika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara Medan.

LAMPIRAN

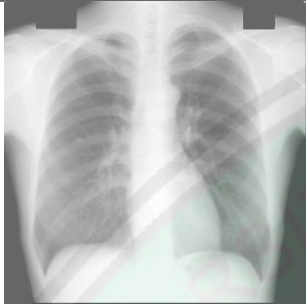
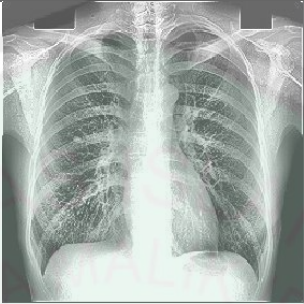
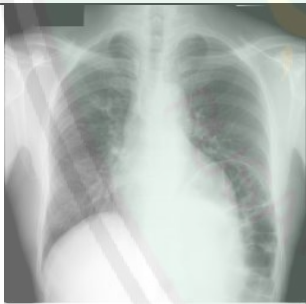
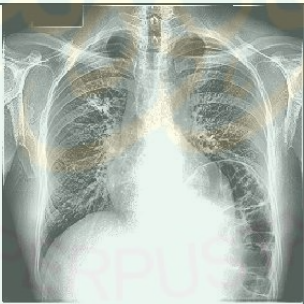
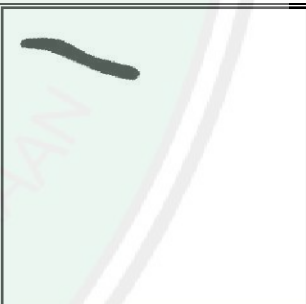
Hasil perbandingan citra tulang selangka bagian kanan hasil segmentasi manual dengan citra tulang selangka bagian kanan hasil segmentasi program.

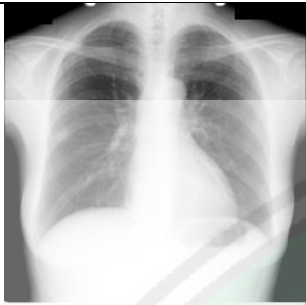
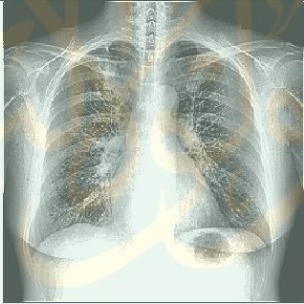
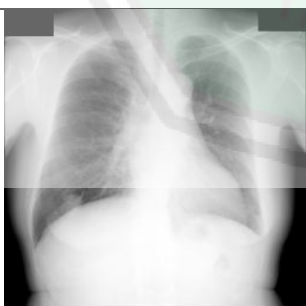
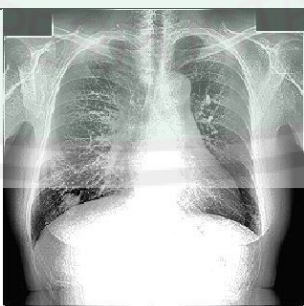
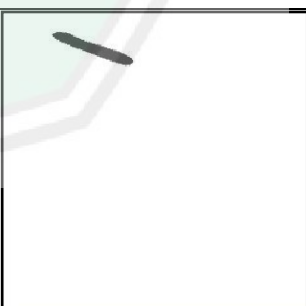
No	Nama citra	TN	FN	TP	FP	Akurasi (%)	Sensitifitas (%)	Spesifisitas (%)
1	T.Selangka Kanan_8	64030	337	1118	51	99.408	76.8385	99.9204
2	T.Selangka Kanan_14	64347	398	705	86	99.2615	63.9166	99.8665
3	T.Selangka Kanan_16	63996	417	905	218	99.0311	68.4569	99.6605
4	T.Selangka Kanan_18	64042	367	863	264	99.0372	70.1626	99.5895
5	T.Selangka Kanan_19	64174	318	937	107	99.3515	74.6614	99.8335
6	T.Selangka Kanan_21	64492	280	528	236	99.2126	65.3465	99.6354
7	T.Selangka Kanan_22	64297	251	972	16	99.5926	79.4767	99.9751
8	T.Selangka Kanan_25	64133	487	516	400	98.6465	51.4457	99.3802
9	T.Selangka Kanan_28	63919	487	781	349	98.7244	61.5931	99.457
10	T.Selangka Kanan_35	64223	417	738	158	99.1226	63.8961	99.7546
11	T.Selangka Kanan_37	64239	368	734	195	99.1409	66.6062	99.6974
12	T.Selangka Kanan_38	64311	213	884	128	99.4797	80.5834	99.8014
13	T.Selangka Kanan_39	64564	303	529	140	99.324	63.5817	99.7836
14	T.Selangka Kanan_45	64197	380	932	27	99.379	71.0366	99.958
15	T.Selangka Kanan_62	64177	220	965	174	99.3988	81.4346	99.7296
Jumlah		963141	5243	12107	2549	1488.1104	1039.0366	1496.0427
Rata-rata		64209	349	807	169	99.20736	69.2691	99.73618

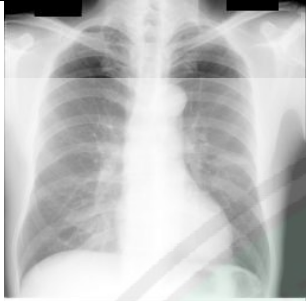
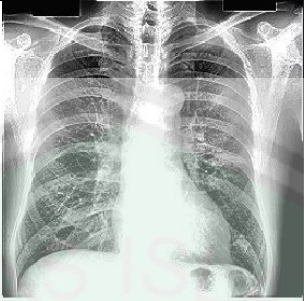
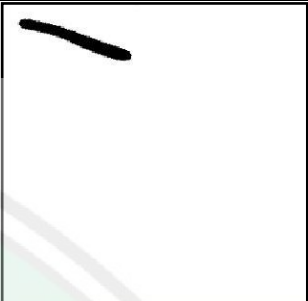
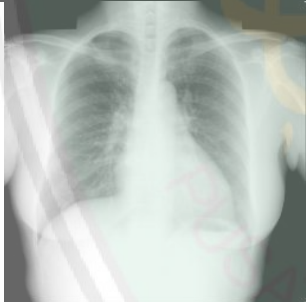
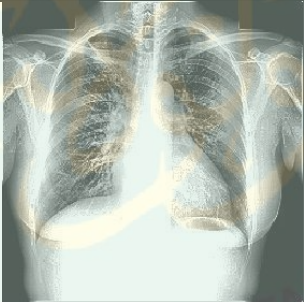
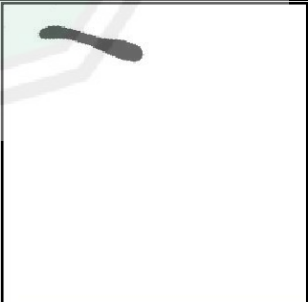
Hasil perbandingan citra tulang selangka bagian kiri hasil segmentasi manual dengan citra tulang selangka bagian kiri hasil segmentasi program.

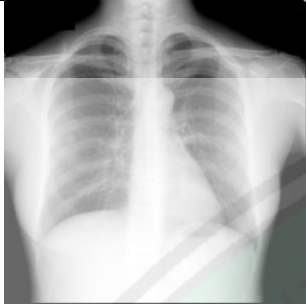
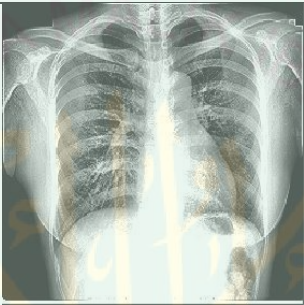
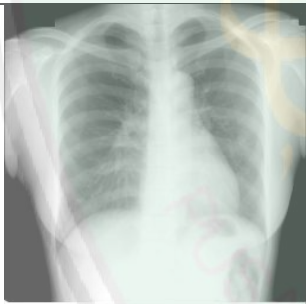
No	Nama citra	TN	FN	TP	FP	Akurasi (%)	Sensitifitas (%)	Spesifisitas (%)
1	T.Selangka Kiri_8	63839	458	1089	150	99.0723	70.3943	99.7656
2	T.Selangka Kiri_14	64254	421	833	28	99.3149	66.4274	99.9564
3	T.Selangka Kiri_16	64123	493	911	9	99.234	64.886	99.986
4	T.Selangka Kiri_18	64158	510	793	75	99.1074	60.8596	99.8832
5	T.Selangka Kiri_19	64038	390	940	168	99.1486	70.6767	99.7383
6	T.Selangka Kiri_21	64603	309	566	58	99.44	64.6857	99.9103
7	T.Selangka Kiri_22	64324	225	928	59	99.5667	80.4857	99.9084
8	T.Selangka Kiri_25	64191	437	658	250	98.9517	60.0913	99.612
9	T.Selangka Kiri_28	63905	534	776	321	98.6954	59.2366	99.5002
10	T.Selangka Kiri_35	64356	326	749	105	99.3423	69.6744	99.8371
11	T.Selangka Kiri_37	64397	237	826	76	99.5224	77.7046	99.8821
12	T.Selangka Kiri_38	64524	231	746	35	99.5941	76.3562	99.9458
13	T.Selangka Kiri_39	64350	367	709	110	99.2722	65.8922	99.8294
14	T.Selangka Kiri_45	64258	326	817	135	99.2966	71.4786	99.7903
15	T.Selangka Kiri_62	64199	366	829	142	99.2249	69.3724	99.7793
Jumlah		963519	5630	12170	1721	1488.7835	1028.2217	1497.3244
Rata-rata		64234	375	811	114	99.25223	68.54811	99.82162

Hasil segmentasi tulang selangka bagian kanan dengan menggunakan metode *level set*.

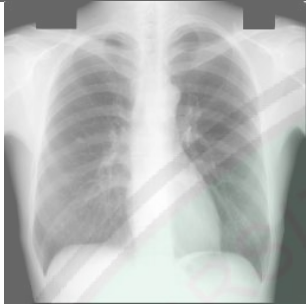
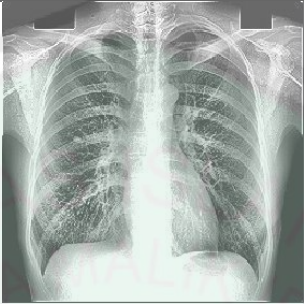
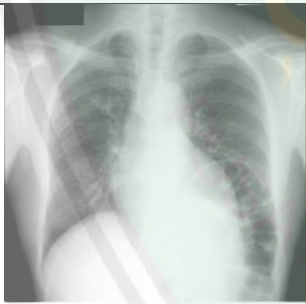
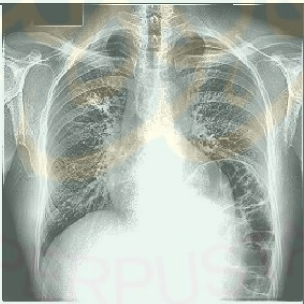
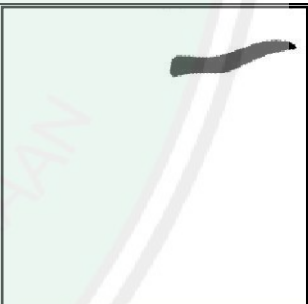
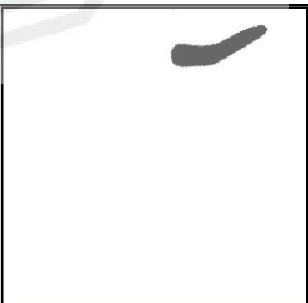
Citra asli	Citra hasil preprocessing	Citra hasil segmentasi
 JPCLN008		
 JPCLN014		
 JPCLN016		
 JPCLN018		

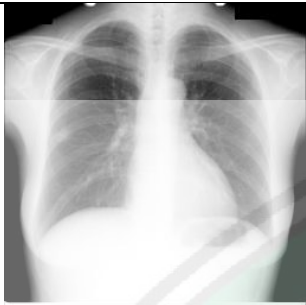
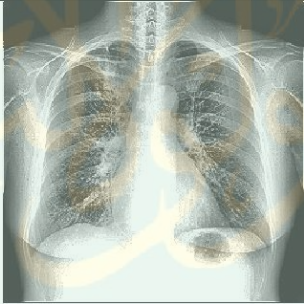
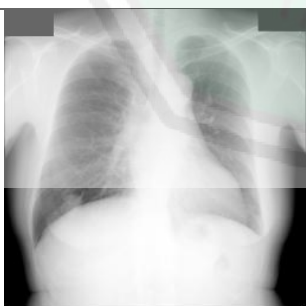
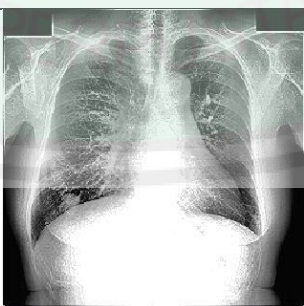
Citra asli	Citra hasil preprocessing	Citra hasil segmentasi
 JPCLN019		
 JPCLN021		
 JPCLN022		
 JPCLN025		

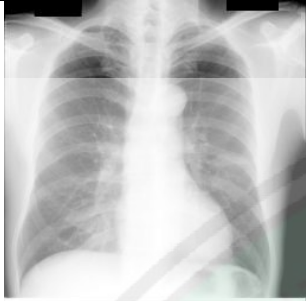
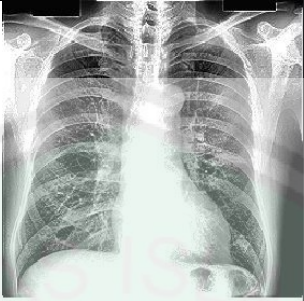
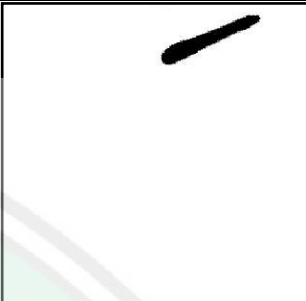
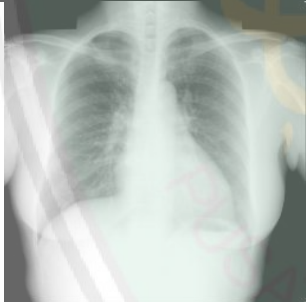
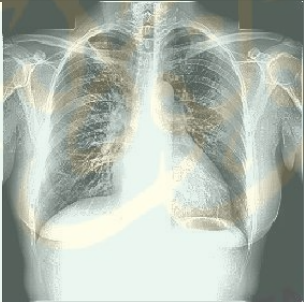
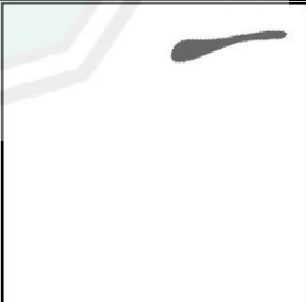
Citra asli	Citra hasil preprocessing	Citra hasil segmentasi
 JPCLN028		
 JPCLN035		
 JPCLN037		
 JPCLN038		

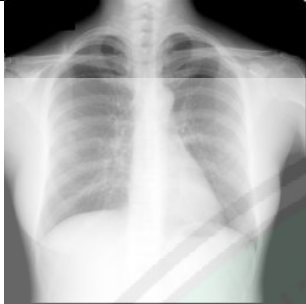
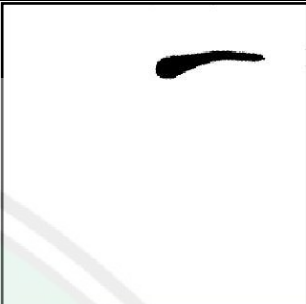
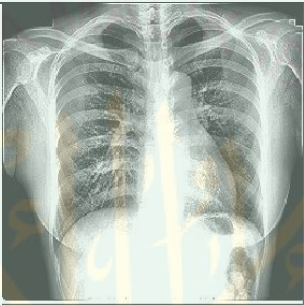
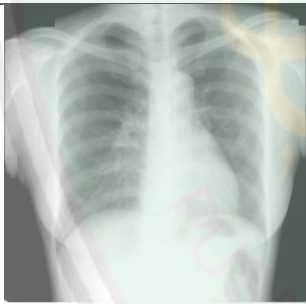
Citra asli	Citra hasil preprocessing	Citra hasil segmentasi
 JPCLN039		
 JPCLN045		
 JPCLN062		

Hasil segmentasi tulang selangka bagian kiri dengan menggunakan metode *level set*.

Citra asli	Citra hasil preprocessing	Citra hasil segmentasi
 JPCLN008		
 JPCLN014		
 JPCLN016		
 JPCLN018		

Citra asli	Citra hasil preprocessing	Citra hasil segmentasi
 JPCLN019		
 JPCLN021		
 JPCLN022		
 JPCLN025		

Citra asli	Citra hasil preprocessing	Citra hasil segmentasi
 JPCLN028		
 JPCLN035		
 JPCLN037		
 JPCLN038		

Citra asli	Citra hasil preprocessing	Citra hasil segmentasi
 JPCLN039		
 JPCLN045		
 JPCLN062		