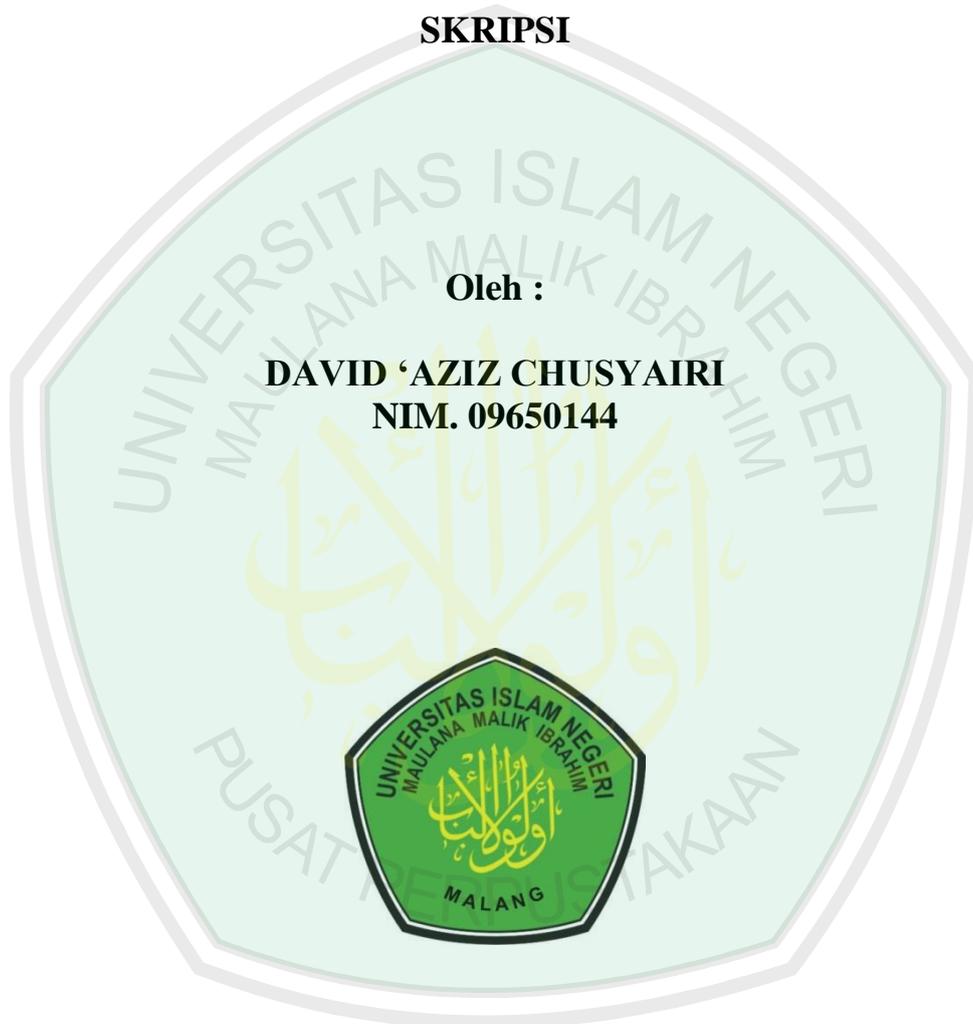


**SEGMENTASI KANAL MANDIBULA MENGGUNAKAN METODE  
WATERSHED TRANSFORM**

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**DAVID 'AZIZ CHUSYAIRI  
NIM. 09650144**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2016**

**SEGMENTASI KANAL MANDIBULA MENGGUNAKAN  
METODE *WATERSHED TRANSFORM***

**SKRIPSI**

Oleh :  
**DAVID 'AZIZ CHUSYAIRI**  
**NIM. 09650144**



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

**2016**

**SEGMENTASI KANAL MANDIBULA MENGGUNAKAN  
METODE *WATERSHED TRANSFORM***

**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 :

**DAVID 'AZIZ CHUSYAIRI  
NIM. 09650144**

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

**2016**

**SEGMENTASI KANAL MANDIBULA MENGGUNAKAN  
METODE *WATERSHED TRANSFORM***

**SKRIPSI**

Oleh :

**DAVID 'AZIZ CHUSYAIRI  
NIM. 09650144**

Telah disetujui, 24 Juni 2016

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Dr. Cahyo Crysdiان  
NIP. 19740424 200901 1 008**

**Zainal Abidin, M. Kom  
NIP. 19760613 200501 1 004**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika**

**Dr. Cahyo Crysdiان  
NIP. 19740424 200901 1 008**

**SEGMENTASI KANAL MANDIBULA MENGGUNAKAN  
METODE WATERSHED TRANSFORM**

**SKRIPSI**

Oleh:

**DAVID 'AZIZ CHUSYAIRI  
NIM. 09650144**

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

**Pada Tanggal, 30 Juni 2016**

<b>Susunan Dewan Penguji</b>		<b>Tanda Tangan</b>
<b>1. Penguji Utama</b>	<b>: <u>Irwan Budi Santoso, M. Kom</u> NIP. 19770103 201101 1 004</b>	( )
<b>2. Ketua Penguji</b>	<b>: <u>A'la Syauqi, M. Kom</u> NIP. 19771201 200801 1 007</b>	( )
<b>3. Sekretaris Penguji</b>	<b>: <u>Dr. Cahyo Crysdiان</u> NIP. 19740424 200901 1 008</b>	( )
<b>4. Anggota Penguji</b>	<b>: <u>Zainal Abidin, M. Kom</u> NIP. 19760613 200501 1 004</b>	( )

**Mengetahui dan Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**

**Dr. Cahyo Crysdiان  
NIP. 19740424 200901 1 008**

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : David 'Aziz Chusyairi

NIM : 09650144

Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Penelitian : SEGMENTASI KANAL MANDIBULA  
MENGUNAKAN METODE *WATERSHED*  
*TRANSFORM*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Malang, 24 Juni 2016

Yang Membuat Pernyataan,

David 'Aziz Chusyairi  
NIM. 09650144

## MOTTO

*“Kesuksesan hanya dapat diraih dengan segala upaya dan usaha yang disertai dengan doa, karena sesungguhnya nasib seseorang manusia tidak akan berubah dengan sendirinya tanpa berusaha”*



## HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Puji Syukur bagi Allah SWT atas karunia ilmu yang diberikan dan segala Ridho-Nya yang senantiasa mengiringi langkahku serta memberiku kekuatan dalam penyelesaian karya ini. Sholawat serta salam pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Saya persembahkan skripsi ini untuk:

Kedua Orangtua tercinta, Bapak Suyoto dan Ibu Sрни (almarhumah) yang telah mencurahkan segala kasih sayang, membimbing, memberi nasehat dan motivasi, serta lantunan doa mustajab yang selalu teriring di setiap sujud.

Adikku Muthiani Uswatul Majidah, terimakasih atas dukungannya. Tak lupa juga untuk Istriku tercinta Ida Fitriana, terimakasih atas cinta, kasih sayang dan nasihat, serta kesabarannya untukku.

Semua guru dan dosen dari TK hingga Perguruan Tinggi. Para pembimbing skripsi pak Cahyo dan pak Zainal yang dengan ketulusan dan kesabaran dalam mendidik serta memberikan ilmunya.

Sahabat seperjuanganku, teman-teman TI'09 UIN Maliki Malang, Kenangan dan pengalaman bersama kalian tak akan terlupakan dan tergantikan. Serta rekan-rekan dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, Terimakasih.

## KATA PENGANTAR

*Assalaamu'alaikum Warahmatullaahi Wabaarakaatuh*

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang teknik informatika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Shalawat serta salam semoga senantiasa Allah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan ahlinya yang telah membimbing umat menuju kebahagiaan dunia dan akhirat.

Penulis menyadari adanya banyak keterbatasan yang penulis miliki dalam proses penyusunan skripsi ini, sehingga penulis banyak mendapat bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Untuk itu ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan setinggi-tingginya penulis sampaikan terutama kepada :

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, drh. M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Cahyo Crysdiyan dan Zainal Abidin, M.Kom selaku dosen pembimbing I dan II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, mengarahkan dan memberi masukan dalam pengerjaan skripsi ini.
4. Segenap sivitas akademika Jurusan Teknik Informatika, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.

5. Ayahanda, Almarhumah Ibu tercinta, Istri, adik, saudara, teman-teman dan seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan do'a, restu kepada penulis dalam menuntut ilmu serta dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan satu-persatu, atas segala yang telah diberikan, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Sebagai penutup, penulis menyadari dalam skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, untuk itu penulis selalu menerima segala kritik dan saran dari pembaca. Harapan penulis, semoga karya ini bermanfaat bagi kita semua.

*Wasslaamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh*

Malang, 24 Juni 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	v
MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
المخلص .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	9
1.3 Tujuan Penelitian.....	9
1.4 Manfaat Penelitian.....	9
1.5 Batasan Masalah.....	10
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi .....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Penelitian terkait.....	12
2.2 Teori Penunjang .....	17
2.2.1 Osteoporosis.....	17
2.2.2 Tulang .....	19
2.2.3 <i>Dental panoramic Radiograph</i> .....	20
2.2.4 Tulang Rahang .....	23
2.2.5 Kanal Mandibula.....	24
2.2.6 <i>Diffusi Anisotropic filtering</i> .....	26
2.2.7 <i>Thresholding</i> .....	30

2.2.8 <i>Image Clustering</i> .....	31
2.2.9 Segmentasi Citra.....	33
2.2.10 <i>Watershed Transform</i> .....	34
BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM.....	36
3.1 Perancangan Perangkat Keras .....	37
3.2 Perancangan Perangkat Lunak .....	35
3.3 Perancangan Aplikasi .....	38
3.3.1 Desain Proses Sistem.....	40
3.3.2 Desain Interface .....	48
3.4 Implementasi Sistem .....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	58
4.1 Langkah Uji Coba .....	58
4.2 Hasil Uji Coba .....	59
4.3 Pembahasan .....	63
4.4 Integrasi metode <i>watershed</i> dengan Al-Qur'an.....	67
BAB V PENUTUP.....	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA .....	73
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Grafik patah tulang berdasarkan gender .....	4
<b>Gambar 1.2</b> Anatomic Indeks oleh Bozic dan Hren .....	6
<b>Gambar 1.3</b> <i>Watershed</i> gambar lena tanpa <i>pre-processing</i> .....	8
<b>Gambar 1.4</b> <i>Watershed</i> gambar lena dengan <i>lowpass filtering</i> .....	8
<b>Gambar 1.5</b> <i>Watershed</i> gambar lena dengan <i>highpass filtering</i> .....	8
<b>Gambar 2.1</b> Tahapan pengukuran <i>cortical bone</i> .....	13
<b>Gambar 2.2</b> <i>Dental Panoramic Radiograph</i> .....	22
<b>Gambar 2.3</b> Kanal Mandibula .....	24
<b>Gambar 2.4</b> ROI kanal mandibula .....	25
<b>Gambar 2.5</b> Kanal mandibula jalur warna hijau .....	25
<b>Gambar 2.6</b> Gambaran kualitatif nonlinear .....	27
<b>Gambar 2.7</b> Struktur diskritasi skema <i>diffusi</i> .....	29
<b>Gambar 2.8</b> Gambaran pengambilan <i>threshold</i> .....	31
<b>Gambar 2.9</b> <i>watershed</i> .....	35
<b>Gambar 3.1</b> Flowchart Aplikasi .....	39
<b>Gambar 3.2</b> Citra <i>Dental Panoramic Radiograph</i> .....	40
<b>Gambar 3.3</b> Contoh potongan gambar mandibula .....	42
<b>Gambar 3.4</b> Nilai pixel untuk perhitungan <i>diffusi</i> .....	42
<b>Gambar 3.5</b> Mengambil nilai gradien 8 tetangga .....	42
<b>Gambar 3.6</b> Pixel pojok kiri atas .....	43
<b>Gambar 3.7</b> Hasil <i>diffusi</i> .....	44
<b>Gambar 3.8</b> Nilai warna gambar setelah <i>diffusi</i> .....	45
<b>Gambar 3.9</b> <i>Watershed method</i> .....	45
<b>Gambar 3.10</b> Hasil segmentasi <i>watershed</i> .....	46
<b>Gambar 3.11</b> Citra hasil segmentasi <i>watershed</i> .....	46
<b>Gambar 3.12</b> Desain <i>interface</i> aplikasi segmentasi .....	48
<b>Gambar 3.13</b> Tampilan aplikasi segmentasi .....	49
<b>Gambar 3.14</b> <i>Code input citra</i> .....	50
<b>Gambar 3.15</b> Proses pengambilan ROI .....	51
<b>Gambar 3.16</b> <i>Code</i> pemotongan gambar .....	51
<b>Gambar 3.17</b> Perbandingan citra .....	52
<b>Gambar 3.18</b> Proses <i>diffusi anisotropic</i> .....	53
<b>Gambar 3.19</b> Hasil segmentasi <i>watershed</i> .....	54
<b>Gambar 3.20</b> Proses segmentasi <i>watershed</i> .....	54
<b>Gambar 3.21</b> Wilayah hasil kanal mandibula .....	55
<b>Gambar 3.22</b> <i>Code</i> mengambil region .....	56
<b>Gambar 3.23</b> <i>Code</i> perhitungan akurasi, presisi, dan recall .....	57
<b>Gambar 4.1</b> Hasil ujicoba gambar 003_L.tiff .....	60
<b>Gambar 4.2</b> Hasil ujicoba gambar 003_R.tiff .....	60
<b>Gambar 4.3</b> Hasil ujicoba gambar DPR01.tiff .....	61

<b>Gambar 4.4</b> Hasil ujicoba gambar DPR01.tiff .....	61
<b>Gambar 4.5</b> Tabel kebenaran perbandingan pixel citra.....	64
<b>Gambar 4.6</b> Hasil segmentasi citra DPR 092.tiff .....	65
<b>Gambar 4.7</b> Akurasi tertinggi dengan ROC .....	66
<b>Gambar 4.8</b> Presisi tertinggi dengan ROC .....	66
<b>Gambar 4.9</b> Recall tertinggi dengan ROC.....	66



## DAFTAR TABEL

**Tabel 4.1** Tabel akurasi, presisi dan recall ..... 62



## ABSTRAK

Chusyairi, David Aziz. 2016. **Segmentasi Kanal Mandibula Menggunakan Metode Watershed Transform** . Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Cahyo Crysdiyan, (II) Zainal Abidin, M.Kom.

---

Kata kunci: Segmentasi, kanal mandibula, *Dental Panoramic Radiograph*, *Watershed Transform*, *Anisotropic Diffusion*

Kanal mandibula adalah bagian dari tulang *mandible* atau tulang rahang bawah, dalam bagian ini merupakan saluran syaraf yang melintas dari lubang ramus dan foramen mentalis. Setiap orang memiliki lebar kanal yang berbeda, hal ini bisa disebabkan karena pengeroposan tulang, semakin lebar kanal maka dapat dinyatakan orang tersebut mengidap Osteoporosis. Untuk memudahkan proses identifikasi lebar kanal secara digital perlu dipisahkan objek – objek yang ada pada tulang mandibula.

Penelitian ini membahas bagaimana melakukan pemisahan region pada tulang mandibula. Ada beberapa tahapan yang dilakukan untuk memisahkan region pada tulang mandibula. Tahapan awal adalah pemotongan gambar dan perbaikan kualitas gambar. Pada penelitian ini perbaikan gambar dilakukan dengan menggunakan metode *Diffusi Anisotropic* dengan menghitung nilai delapan tetangga terdekat. Sedang proses segmentasinya adalah dengan metode *watershed transform*, selanjutnya untuk memperjelas *region* yang diambil dilakukan deteksi tepi metode *canny*. Metode *watershed transform* menggunakan garis *watershed* sebagai pemisah antar *region*. Garis *watershed* adalah garis antara dua buah wilayah yang memiliki nilai warna tertinggi, dalam penelitian ini nilai tertinggi adalah putih sehingga garis *watershed* adalah garis yang paling mendekati warna putih antara dua buah wilayah yang lebih gelap.

Untuk mengukur keberhasilan proses segmentasi menggunakan metode *watershed transform* ini dihitung performanya menggunakan ROC dimana bisa dihasilkan Akurasi, Presisi dan *Recall* gambar hasil pemrosesan dengan gambar asli. Untuk menilai keberhasilannya metode ini dilakukan pengujian terhadap 25 sampel dari citra dental *panoramic radiograph*, yang masing-masing sampel diambil dua bagian yaitu bagian kanan dan kiri. Dari hasil uji coba dihitung tingkat akurasi, presisi dan *recall* dengan rata-rata akurasi metode *watershed transform* untuk mengenali region pada citra DPR adalah 45,39% dengan akurasi tertinggi mencapai 92,77%, untuk presisi diperoleh rata – rata 38,76% dengan presisi terbaik sebesar 75%, sedangkan *recall* rata – rata sebesar 2,62% dengan *recall* terbaik sebesar 8,19%.

## ABSTRACT

Chusyairi, David Aziz. 2016. **Mandibular Canal Segmentation Method Using Watershed Transform**. Undergraduated thesis. Informatic Engineering Department of Science and Technology Faculty Islamic State University Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Dr. Cahyo Crysodian, (II) Zainal Abidin, M.Kom.

---

**Keywords:** Segmentation, mandibular canal, Dental Panoramic Radiograph, Watershed Transform, Anisotropic Diffusion

Mandibular canal is part of the bone mandible or lower jaw bone, this part is the nerve canal crossing from hole ramus and the mental foramen. Everyone has a different channel width, this could be due to osteoporosis, widening the canal it can be stated that people suffering from Osteoporosis. To facilitate the process of identification of digital channel width necessary to separate the objects - objects that exist in mandibular bone.

This research discusses how to perform selection in the region of the mandible bone. There are several steps being taken to separate regions of the mandibular bone. The beginning stage is cutting the picture and image quality improvements. , In this research, image enhancement done using Anisotropic Diffusion method by calculating the value of the eight nearest neighbors. Being the process of segmentation is the method of watershed transform, further to clarify region captured do canny edge detection method. Watershed transform methods using the watershed line as the dividing line between regions. Watershed line is the line between the two regions that have the highest color value, in this study the highest value is white so that watershed line is the line closest to the white color between the two regions are darker.

To measure the success of the process of segmentation using watershed transform performance is calculated using the ROC, where success judged by the level Accuracy, Precision and Recall of images processed compared to the original image. Untuk menilai keberhasilannya metode ini dilakukan pengujian terhadap 25 sampel dari citra dental panoramic radiograph, each sample was taken two parts, left and right. From the test results calculated levels of accuracy, precision and recall with an average accuracy transform watershed method to identify regions of the image of DPR is 45.39% with the highest accuracy reached 92.77%, for the precision obtained by the average 38.76% with the best precision by 75%, while the average of recall is 2.62% with the best recall reached 8.19%.

المخلص

حسيري، ديفيد العزيز. ٢٠١٦. الفك السفلي قناة الإنقسام الطريقة عن طريق مستجمعات المياه تحويل. أطروحة. قسم المعلوماتية كلية العلوم والتكنولوجيا في جامعة الدولة الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج  
المشرف: الدكتور تجهيو تجريسدين، زين العابدين الكمبيوتر ماستر

كلمات البحث: الإنقسام، قناة الفك السفلي، طب الأسنان بانورامي صورة شعاعية، مستجمعات المياه تحويل، متباين الخواص إنتشار

قناة الفك السفلي هي جزء من الفك السفلي العظام أو أقل عظم الفك، في هذا القسم هو عبور قناة العصب من الفرع حفرة والثقب العقلية. كل شخص لديه عرض قناة مختلفة، وهذا قد يكون عائدا لخسارة العظام، وتوسيع قناة يمكن القول أن الأشخاص الذين يعانون من هشاشة العظام. لتسهيل عملية تحديد قناة رقمية العرض الضروري فصل الكائنات - كائنات موجودة في العظم الفكي  
تتناول هذه الدراسة كيفية فصل مناطق عظم الفك السفلي. هناك العديد من الخطوات التي يجري اتخاذها في مناطق منفصلة من عظم الفك السفلي. بداية المرحلة هو قطع الصورة وصورة تحسينات الجودة. في هذا البحث، وتعزيز صورة ذلك باستخدام متباين الخواص طريقة نشر عن طريق حساب قيمة أقرب ثمانية الجيران. يجري عملية تجزئة هو تحويل طريقة فاصلا، علاوة على توضيح المنطقة اتخذت القيام حكيم طريقة الكشف عن الحافة. طرق مستجمعات المياه تحويل باستخدام مساقط المياه والخط الفاصل بين المناطق. خط فاصلا هو الخط الفاصل بين المنطقتين التي لديها أعلى قيمة اللون، في هذه الدراسة أعلى قيمة بيضاء وبالتالي فإن خط فاصل هو الخط الأقرب إلى اللون الأبيض بين المنطقتين هي أكثر قتامة.

لقياس مدى نجاح عملية تجزئة باستخدام فاصلة يحسب باستخدام الأداء استقبال التشغيل المميزة التي يمكن أن تنتج نتائج الدقة، الدقة والمراجعة معالجة الصور مع الصورة الأصلية تحويل. لتقييم نجاح هذه الطريقة التي أجريت اختبارات على 25 عينة من الأسنان صور بانورامية تصوير شعاعي، كل واحدة منها وتم أخذ عينات من جزأين، اليمين واليسار. من نتائج اختبار المستويات المحسوبة من الدقة والدقة وتذكر بمتوسط دقة تحول تحويل طريقة لتحديد مناطق صورة البرلمان هو بلغت 45.39% وفقا لأعلى دقة 92.77%، للدقة التي حصل عليها المتوسط - متوسط 38.76% مع أفضل دقة بنسبة 75%، في حين أن متوسط استدعاء - بمعدل 2.62% مع أفضل استدعاء 8.19%.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem kerangka manusia dewasa terbentuk dari 206 tulang normal. Ketika baru lahir, sebenarnya kita memiliki lebih dari 300 tulang, beberapa akan menyatu dan akhirnya menjadi 206 tulang ketika dewasa. Kerangka manusia tersusun dari tulang yang melindungi beberapa organ lunak (Evelyn, 2009). Tulang merupakan unsur terpenting dalam tubuh manusia sebagai bahan pembentukan dan penguat tubuh. Tulang sendiri adalah sejenis jaringan penunjang tubuh yang memiliki bahan dasar protein yang berupa *ossein*, sel tulang *osteosit*, dan serat jaringan ikat kolagen (Umah, 2009).

Tulang manusia diciptakan dengan sempurna melalui beberapa tahapan. Berikut tahapan penciptaan manusia terdapat pada surat Al-Mu'minun ayat 14 :

ثُمَّ خَلَقْنَا النُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا الْعَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا الْمُضْغَةَ عِظْمًا

فَكَسَوْنَا الْعِظْمَ لَحْمًا ثُمَّ أَدْخَلْنَاهُ خَلْقًا ءَاخَرَ فَتَبَارَكَ اللَّهُ أَحْسَنُ الْخَالِقِينَ ﴿١٤﴾

Artinya : “ Kemudian air mani itu Kami jadikan segumpal darah, lalu segumpal darah itu Kami jadikan segumpal daging, dan segumpal daging itu Kami jadikan tulang belulang, lalu tulang belulang itu Kami bungkus dengan daging. Kemudian Kami jadikan Dia makhluk yang (berbentuk) lain. Maka Maha sucilah Allah, Pencipta yang paling baik.” (QS Al- Mu'minun/23 : 14)

Tubuh tersusun atas tulang-tulang yang mempunyai 2 fungsi utama, yaitu fungsi metabolik dan fungsi mekanik. Fungsi metabolik adalah menyediakan cadangan ion seperti kalsium, fosfor dan magnesium, serta berperan dalam homeostasis mineral. Fungsi mekanik tulang adalah melindungi organ-organ vital, tempat melekatnya otot, dan menunjang gerak tubuh (Umah, 2009). Salah satu penyakit yang sering menyerang pada tulang rapuh atau keropos yaitu osteoporosis.

Penurunan fungsi tulang atau dikenal dengan osteoporosis terdapat dalam Al-Qur'an surat Maryam ayat 4 :

قَالَ رَبِّ إِنِّي وَهَنَ الْعَظْمُ مِنِّي وَأَشْتَعَلَ الرَّأْسُ شَيْبًا وَلَمْ أَكُنْ بِدُعَائِكَ

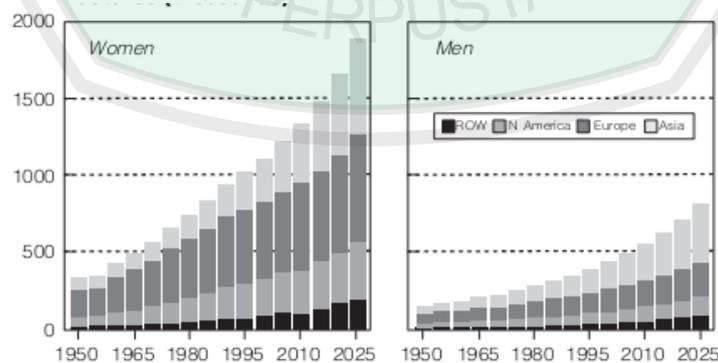
رَبِّ شَقِيًّا

Artinya : ia berkata "Ya Tuhanku, Sesungguhnya tulangku telah lemah dan kepalaku telah ditumbuhi uban, dan aku belum pernah kecewa dalam berdoa kepada Engkau, Ya Tuhanku.(QS. Maryam/19 :4)

Kemudian pengetahuan dari Al-Qur'an tersebut dikaji secara ilmiah dan menghasilkan pengetahuan yang sangat rasional seperti yang di katakan Darmojo "Setiap manusia akan mengalami proses menghilangnya kemampuan jaringan untuk memperbaiki diri atau mengganti dan mempertahankan fungsi normalnya secara perlahan-lahan kemudian terjadi penumpukan distorsi metabolik dan struktural yang disebut penyakit degeneratif yang menyebabkan lansia akan mengakhiri hidup dengan episode terminal" (Darmojo, 1994). Salah satu penyakit

degenerasi berdampak pada tulang. Pada wanita dalam periode *postmenopause* dan lansia kebutuhan kalsium yang diserap usus cukup tinggi sehingga menyerap kalsium yang dimiliki tulang dan mengabaikan kekuatan tulang sehingga tulang menjadi rapuh, hal ini dikenal dengan sebutan *osteoporosis* (Rizzoli, 2010). *Osteoporosis* didefinisikan sebagai keadaan dimana Densitas Mineral Tulang (DMT) berada di bawah nilai rujukan menurut umur atau standar deviasi berada di bawah nilai rata-rata rujukan pada usia dewasa (Supari, 2008).

*Osteoporosis* menyerang lebih dari 75 juta orang di Eropa, Jepang dan Amerika Serikat. Di Eropa dan Amerika Serikat saja *osteoporosis* menyebabkan lebih dari 2,3 juta patah tulang per-tahun. Resiko kelainan seumur hidup untuk pinggul, patah tulang belakang dan lengan (pergelangan tangan) telah diperkirakan sekitar 40%, sama dengan yang untuk penyakit jantung koroner (WHO, 2003). Sekitar 80% persen penderita *osteoporosis* adalah wanita. Hal ini dipengaruhi oleh hormon estrogen. Namun, karena gejala baru muncul setelah usia 50 tahun, penyakit *osteoporosis* tidak mudah dideteksi secara dini (Zaviera, 2007). Grafik patah tulang pinggul dapat di lihat pada gambar 1.1



**Gambar 1.1** Grafik patah tulang pinggul berdasarkan gender (WHO,2003)

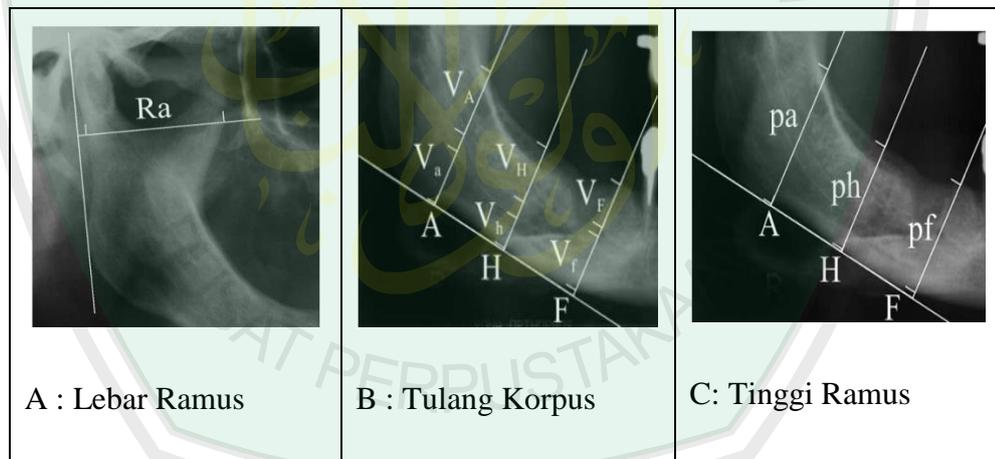
Berdasarkan hasil riset bersama antara *Seameo Tropmed Regional Center for Community Nutrition*, Universitas Indonesia dan University of Otago, Selandia Baru. Data Pusat Penelitian dan Pengembangan Gizi Indonesia menyatakan, dua dari lima perempuan di Indonesia (40 persen populasi) berpotensi *osteoporosis*. Kondisi ini terjadi karena sebagian besar perempuan Indonesia kekurangan kalsium 50 persen setiap hari (IZN - pdpersi.co.id, 2014). *Osteoporosis* merupakan penyakit yang tidak dapat di sembuhkan dan dapat di cegah (Tandra,Hans:2009). *Osteoporosis* menyebabkan tulang mudah retak atau bahkan terjadi patah tulang (Mulyono Agus, 2010).

Selain menyebabkan kerapuhan tulang *osteoporosis* juga menyebabkan terjadinya fraktur mandibular (terputusnya kontinuitas jaringan tulang dan atau tulang rawan sendi, tulang rawan epifisis, baik bersifat total ataupun parsial). Fraktur mandibula ini menyebabkan gangguan fungsi bicara, gangguan mengunyah dan deformitas wajah (Elidasari Monika dkk 2004). Sebelum terjadi *osteoporosis*, seseorang terlebih dahulu mengalami proses *osteopenia*, yaitu suatu kondisi hilangnya sejumlah massa tulang akibat berbagai keadaan. Penyakit ini dijuluki sebagai *Silent Epidemic Disease*, karena menyerang secara diam-diam, tanpa adanya tanda-tanda khusus, sampai si pasien mengalami patah tulang (Supari, 2008).

Dalam penelitian di bidang kesehatan gigi menunjukkan bahwa *osteoporosis* bermanifestasi pada kesehatan rongga mulut (Groen dkk,1960). Terjadinya *osteoporosis* pada tulang paha, tulang belakang, diikuti dengan *osteoporosis* pada tulang rahang. Seseorang yang terkena *osteoporosis* dapat terjadi kehilangan gigi dan resorpsi tulang alveolar (Suzuki JB & Klemes AB, 2008). Dengan asumsi

dokter gigi lebih sering dikunjungi dan radiografi gigi adalah modalitas pencitraan yang paling sering digunakan untuk pasien. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa individu dengan *osteoporosis* telah mengubah morfologi dari mandibula (Hildebolt, 1997; white, 2002)

Dalam jurnal yang di publikasikan atas nama M Božić\* and N Ihan Hren di *British Institute Of Radilogy* mengenai penelitian tentang *osteoporosis* dan mandibular Bozic dan Hren menggunakan enam indek dari tulang mandibula guna mendeteksi *osteoporosis*. Ke-enam indeks mandibular tersebut di bagi menjadi dua yang pertama mengukur tinggi ramus dan yang kedua adalah bagian mandibula di atas kanal mandibular dan bawah kanal mandibular dengan batas *foramen mentale*. (Bozic, Hren 2005)



**Gambar 1. 2.** Anatomic indeks oleh Bozic dan Hren (Bozic,Hren,2005)

Bozic dan Hren mengambil bagian di garis singgung A,H,F sebagai garis singgung dan bozic mengambil bagian  $V_A, V_H, V_F$  yang berada di atas kanal mandibula dan  $V_a, V_h, V_f$  yang berada di bawah kanal mandibula sebagai indek untuk mendeteksi osteoporosis.

Mengacu pada penelitian Bozic yang masih mengambil indek dengan cara manual, maka peneliti akan melakukan penelitian untuk otomasi pengambilan nilai index pada mandibula. Untuk penelitian awal peneliti mengajukan penelitian untuk mengolah citra digital yakni dengan mengolah citra untuk mendapatkan objek yang spesifik.

Segmentasi citra merupakan salah satu proses yang penting dalam proses pengolahan citra digital, selain itu metode segmentasi terus mengalami perkembangan karena menjadi salah satu topik menarik dalam penelitian di bidang pengolahan citra. Seringkali proses segmentasi ini dilakukan secara manual yang melibatkan pengguna sehingga memakan waktu dan juga mempersulit pengguna. Oleh karena itu proses segmentasi otomatis lebih di gemari (Bagus : 2010).

Berdasarkan sifatnya segmentasi citra dibagi menjadi beberapa basis. Yang pertama *edge based* atau pendekatan berbasis diskontinuitas yakni dengan mempartisi citra pada saat terjadi perubahan intensitas secara tiba-tiba. Yang kedua adalah *region based* yakni mempartisi citra berdasarkan sifat yang di miliki daerah pada citra. Beberapa teknik yang menggunakan *region based* ini di antaranya : *thresholding*, *region growing*, *region spliting*, *merging* dan *clusstering*. Dalam pengolahan citra yang sering digunakan untuk segmentasi adalah pendekatan berbasis *region* yakni *thresholding*. Namun *thresholding* ini cenderung diterapkan pada gambar yang memiliki warna homogen dan memiliki tingkat keabuan tertentu (Murni: UI, 2004).

Dalam proposal ini peneliti mengajukan penerapan metode *edge-base* untuk mendapatkan objek kanal mandibula dengan proses *watershed transform*. Metode *watershed* sebelumnya telah di gunakan dalam penelitian yang di lakukan oleh

murinto dan agus harjoko mengenai segmentasi citra menggunakan watershed dan intensitas filtering sebagai pre processing. Murinto dan harjoko mengungkapkan bahwa metode *watershed* memiliki kekurangan yaitu menghasilkan segmentasi yang berlebihan yakni menghasilkan terlalu banyak region. Oleh karena itu murinto dan harjoko melakukan *preprocessing* pada citra dengan metode *higpass filtering* dan *lowpass filtering*. Citra hasil penelitian murinto dan harjoko dapat di lihat pada gambar 1.3



a) Lena Asli

b) *watershed Tanpa Pre-processing*

**Gambar 1.3** Watershed gambar lena tanpa *pre-processing*

a) Lena *lowpass filtering*b) *watershed lowpass filtering*

**Gambar 1.4** Watershed gambar lena dengan *lowpass filtering*



a) Lena *highpass filtering*    b) *watershed highpass filtering*

**Gambar 1.5** Watershed gambar lena dengan *highpass filtering*

Pada penelitian ini, Peneliti menggunakan proses *segmentasi* dengan *watershed transform* untuk diuji coba pada gambar hasil radiograph yangki mencoba mengambil *region* dari bagian *mandibel* (tulang rahang) yaitu bagian kanal mandibula, yang digunakan sebagai salah satu parameter pendeteksi dini *osteoporosis*, selain itu penelitian mengenai *segmentasi* kanal mandibula telah dilakukan Dirk-Jan Kroon pada citra CT (*computed tomography*) yang digunakan untuk memudahkan gambaran dalam tindakan operasi dengan menggunakan metode *nerves tracking* (Kroon : 2011).

## 1.2 Identifikasi Masalah

- a. Apakah metode *watershed transform* dapat digunakan untuk memisahkan bagian kanal mandibula dengan tulang mandibula pada citra *Dental Panoramic Radiograph*?
- b. Seberapa baik performa *watershed transform* dalam melakukan *segmentasi* citra kanal mandibula pada *Dental Panoramic Radiograph*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- a. Membuktikan bahwa metode *watershed transform* dapat digunakan sebagai metode untuk memisahkan bagian kanal mandibula dengan tulang mandibula pada citra *Dental Panoramic Radiograph*.
- b. Mengukur performa *watershed transform* dalam melakukan *segmentasi* citra kanal mandibula pada *Dental Panoramic Radiograph*. Dengan ukuran standart penilaian performa berupa akurasi , presisi dan *recall*

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah menghasilkan sebuah citra yang dapat digunakan untuk membantu pihak yang berkepentingan dalam proses pemisahan kanal mandibula dengan tulang mandibula pada citra *Dental Panoramic Radiograph*.

#### 1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih sistematis dan terarah, ditentukan batasan masalah sebagai berikut:

- a. Input yang di gunakan adalah citra *Dental Panoramic Radiograph* (Citra Panorama Gigi dari hasil *Radiography*)
- b. Citra yang digunakan nantinya hanya bagian kanal mandibula saja dengan memotongnya sesuai kebutuhan.
- c. Input yang digunakan berupa citra radiografi gigi dalam format penyimpanan '.tif'.
- d. Untuk *preprocessing* atau *image enhancement* menggunakan *diffusi anisotropic*.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini tersusun atas lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

### **1. BAB I PENDAHULUAN**

Pendahuluan ini berisi tentang latar belakang, identifikasi masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan,.

### **2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang teori-teori yang berhubungan dengan *segmentasi* kanal mandibula menggunakan metode *watershed transform*.

### **3. BAB III ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang analisa dan perancangan sistem. Mulai dari analisa kebutuhan sistem untuk membuat aplikasi sampai langkah-langkah pembuatan aplikasi.

### **4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini dijelaskan tentang hasil pengujian pada aplikasi yang telah dibangun menggunakan metode *watershed transform*, sebagai pembuktian apakah metode yang diteliti dapat memisahkan region antara kanal mandibula dengan tulang mandibula secara akurat dan presisi.

### **5. BAB V PENUTUP**

Pada bab ini berisi kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian serta saran untuk peneliti selanjutnya.

## BAB II

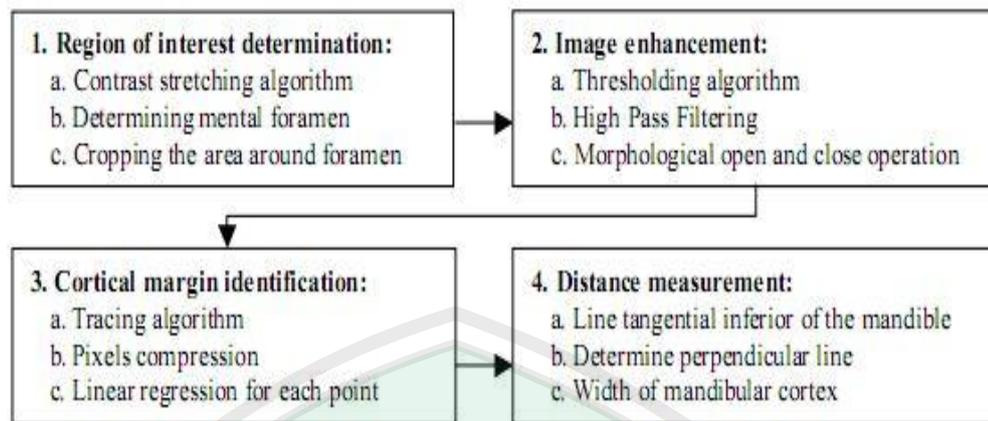
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian mengenai citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) telah dilakukan sebelumnya yaitu mengenai penggalan data pada daerah mandible untuk mendeteksi osteoporosis, melalui pengukuran tinggi kortikal mandibula pada daerah mental foramen, dan juga deteksi kerapatan pada *trabecular bone*.

Arifin A, Asano A, dkk (2005) dalam penelitiannya mengenai *measuring the mandibular cortical width* yang berjudul *computer aided system for measuring the mandibular cortical width on panoramic radiographs in osteoporosis diagnosis*. Agus zainal membangun sistem komputer otomatis deteksi osteoporosis melalui proses *image processing* yang dilanjutkan dengan *computer vision*, mereka melakukan penelitian terhadap citra panorama gigi dari 100 wanita dengan umur berkisar antara 50-84 tahun. Data tersebut diperoleh dari rumah sakit universitas Hiroshima. Penelitian yang dilakukan oleh Agus zainal telah dipatenkan di USA.

Berikut tahapan – tahapan penelitian yang dilakukan oleh Agus Zainal, dkk, mulai dari penentuan *Region of Interest (ROI)*, *Image Enhancement*, Identifikasi *Cortical Margin*, dan juga pengukuran jarak.



**Gambar 2.1** Tahapan pengukuran *cortical bone* (sumber : Agus Zainal.2006)

Proses yang pertama adalah menentukan ROI (Region Of interest) dengan cara meningkatkan kontras citra dan menentukan titik mental foramen yaitu bagian yang memiliki ciri sebuah titik pada area rahang bawah biasanya terletak pada bawah gigi taring. Setelah ditemukan mental foramen maka dilakukan pemotongan gambar, dalam jurnal tidak dijelaskan bagaimana proses pemotongan gambar tersebut.

Setelah ROI ditemukan maka citra akan diolah sebelum diproses atau biasa disebut *pre-processing*. Dalam tahapan *pre-processing* ini citra akan diproses dengan threshold dengan algoritma sendiri, dengan menginisialisasi nilai derajat keabuan, bila pixel melebihi derajat nilai keabuan maka akan menjadi warna putih dan yang di bawah nilai gray level akan menjadi warna hitam. Sehingga didapat gambar dengan skala hitam putih untuk kemudian dilakukan segmentasi menggunakan metode *high pass filtering* yakni dengan mengurangi nilai gambar asli dengan nilai gambar yang telah dithreshold.

Citra yang telah disegmentasi kemudian ditentukan batas dari *cortical bone* dalam jurnal yang dipublikasikan oleh Agus zainal menjelaskan bahwa dalam

proses ini tidak seluruh titik pada *cortical bone* dapat teridentifikasi sehingga membutuhkan proses manual untuk memvalidasi hasil dari penentuan batas *cortical bone* ini. Kemudahan citra diolah menggunakan *tracing algorithm*.

Algoritma ini menggunakan konsep *stack* untuk menjaga semua jalur, baik jalur yang benar atau salah. Prosedur untuk melacak margin kortikal didefinisikan sebagai berikut:

- a. Tentukan pixel di dalam korteks.
- b. Telusuri pixel ke arah kiri sampai menemukan anggota pixel. Lalu gunakan sebagai poros.
- c. Keluarkan *node* paling atas dari *Stack*, jadikan sebagai poros.
- d. Atur ulang nilai pelacakan
- e. Deteksi semua piksel di sekitar poros untuk menemukan semua piksel tetangga.
- f. Simpan poros ini sebagai anggota margin.
- g. Tetapkan salah satu tetangga sebagai poros baru, dan mendorong sisanya dalam *stack*.
- h. Jika nilai pelacakan maksimum belum tercapai, kembali ke langkah 5.
- i. Simpan poros ini sebagai anggota margin.
- j. Jika *Stack* kosong, algoritma berhenti. Jika *stack* masih terisi maka proses kembali ke langkah 3.

Dan untuk memperbaiki kesalahan pixel yang tersambung dengan objek lain maka citra diperbaiki menggunakan metode *compresing pixel* dengan menandai

kembali pixel yang paling cocok dengan bentuk dari *cortical bone* .dalam journal dikatakan untuk mempermudah penghitungan jarak antara *cortical bone* yang merupakan sisi terluar tulang dengan sisi dalam dari tulang *mandible* dengan menarik garis regresi memanjang sepanjang untuk menentukan *cortical boundaries* yang akan digunakan dalam penghitungan lebar *cortical bone* (Arifin, 2006)

M Bozic dan N Ihan Hren (2005) dalam Penelitian berjudul “*Osteoporosis and mandible*” ini membandingkan DPR dari 36 perempuan yang terkena osteoporosis dan 20 DPR dari perempuan non-osteoporosis dari kelompok usia yang sama. Kemudian DPR dianalisis dengan menggunakan *software* komputer umum. Atrofi mandibula dinilai dengan menggunakan enam anatomic indeks. Anatomic indeks dibagi menjadi sub-kelompok mengenai keberadaan gigi. Kepadatan massa tulang dinilai menggunakan *plugin* histogram warna (CH). Sembilan indeks RBD dihitung sebagai hubungan nilai CH diukur pada bagian tertentu dari mandibula. Hasil dari penelitian ini adalah menyatakan bahwa densitas massa tulang pada perempuan osteoporosis lebih rendah secara signifikan dibandingkan dengan perempuan non-osteoporosis.

Metode *watershed* sebelumnya telah digunakan dalam penelitian yang dilakukan oleh murinto dan agus harjoko mengenai segmentasi citra menggunakan watershed dan intensitas filtering sebagai pre processing. Murinto dan harjoko mengungkapkan bahwa metode *watershed* memiliki kekurangan yaitu menghasilkan segmentasi yang berlebihan yakni menghasilkan terlalu banyak region. Oleh karena itu murinto dan harjoko melakukan *preprocessing* pada citra dengan metode *highpass filtering dan lowpass filtering*.

Metode *watershed transform* sendiri telah mengalami beberapa perkembangan, secara umum metode *watershed transform* merupakan metode dengan dasar wilayah (*region based*). Transformasi watershed merupakan salah satu metode yang cukup baik untuk mendapatkan suatu objek hasil segmentasi. Tetapi metode ini mempunyai satu kelemahan yaitu adanya segmentasi yang berlebihan (*over segmentation*) dari yang diharapkan (Murinto :2009). Maka dari itu perlu dilakukan perbaikan terhadap citra sebelum dilakukan transformasi *watershed*, dalam penelitian perbaikan yang dilakukan adalah *diffusi anisotropic*, yang berfungsi menghaluskan warna dengan operasi *diffusi* antar pixel dengan mempertimbangkan perubahan gradasi warna yang signifikan untuk menjaga tepian dan batasan dari wilayah obyek.

Metode perbaikan *diffusi anisotropic* sebelumnya pernah digunakan dalam penelitian widyantara, kusuma dan wirastuti dalam yang diterbitkan dalam jurnal yang berjudul *preprocessing* pada segmentasi citra paru-paru dan jantung menggunakan *anisotropic diffusion filter*. Metode ini dipilih widyantara dkk dengan tujuan untuk meningkatkan akurasi, sensitifitas dan spesifisitas hasil segmentasi. Dengan alasan metode *diffusi anisotropic* memiliki kemampuan mendeteksi tepi, yaitu dalam melakukan penghalusan, metode ini dapat mengaburkan noise, dengan tetap mempertahankan tepi objek pada citra, Proses segmentasi dilakukan dengan K-means Clustering dan Active Contour untuk mensegmentasi paru-paru. Hasil segmentasi yang divalidasi menggunakan metode *Receiver Operating Characteristic (ROC)* menunjukkan adanya peningkatan akurasi, sensitifitas dan spesifisitas, jika dibandingkan dengan hasil segmentasi

pada paper sebelumnya, dimana metode preprocessing yang digunakan adalah Gaussian Lowpass filter (Widyatantara : 2015) .

## **2.2 Teori Penunjang**

### **2.2.1 Osteoporosis**

Osteoporosis adalah suatu penyakit yang ditandai dengan berkurangnya massa tulang dan adanya perubahan mikro-arsitektur jaringan tulang yang berakibat menurunnya kekuatan tulang dan meningkatnya kerapuhan tulang, sehingga tulang mudah patah. Definisi lain, osteoporosis adalah kondisi dimana tulang menjadi tipis, rapuh, keropos, dan mudah patah akibat berkurangnya massa tulang yang terjadi dalam waktu yang lama. Secara statistik, osteoporosis didefinisikan sebagai keadaan dimana Densitas Mineral Tulang (DMT) berada di bawah nilai rujukan menurut umur atau standar deviasi berada di bawah nilai rata-rata rujukan pada usia dewasa muda (Supari, 2008). Sebelum terjadi osteoporosis, seseorang terlebih dahulu mengalami proses osteopenia, yaitu suatu kondisi hilangnya sejumlah massa tulang akibat berbagai keadaan. Penyakit ini dijuluki sebagai Silent Epidemic Disease, karena menyerang secara diam-diam, tanpa adanya tanda-tanda khusus, sampai si Pasien mengalami patah tulang (Supari,2008)

Osteoporosis dibagi menjadi dua golongan besar menurut penyebabnya, yaitu: Osteoporosis Primer adalah osteoporosis yang bukan disebabkan oleh suatu penyakit (proses alamiah), dan Osteoporosis sekunder bila disebabkan oleh berbagai kondisi klinis/penyakit, seperti infeksi tulang, tumor tulang, pemakaian obat-obatan tertentu dan immobilitas yang lama.

#### **Osteoporosis Primer**

Osteoporosis primer berhubungan dengan berkurangnya massa tulang dan atau terhentinya produksi hormon (khusus perempuan) disamping bertambahnya usia. Osteoporosis primer terdiri dari :

a) Osteoporosis Primer Tipe I

Sering disebut dengan istilah osteoporosis pasca menopause, yang terjadi pada wanita pasca menopause. Biasanya wanita berusia sekitar 50 - 65 tahun, fraktur biasanya pada vertebra (ruas tulang belakang), iga atau tulang radius.

b) Osteoporosis Primer Tipe II

Sering disebut dengan istilah osteoporosis senil, yang terjadi pada usia lanjut. Pasien biasanya berusia  $\geq 70$  tahun, pria dan wanita mempunyai kemungkinan yang sama terserang, fraktur biasanya pada tulang paha. Selain fraktur maka gejala yang perlu diwaspadai adalah kifosis dorsalis bertambah, makin pendek dan nyeri tulang berkepanjangan.

### **Osteoporosis Sekunder**

Osteoporosis Sekunder adalah situasi osteoporosis yang dikarenakan oleh penyakit yang mendasar dan disebabkan pemakaian obat spesifik. Penyakit yang bisa mengakibatkan osteoporosis salah satunya yaitu *juvenile rheumatoid arthritis* (peradangan sendi disebabkan ada masalah kekebalan badan pada anak), diabetes, osteogenesis imperfekta, hipertiroid, hiperparatiroid, serta penyakit ginjal. Obat-obat yang bisa mengakibatkan osteoporosis sekunder yaitu obat anti kejang, kortikosteroid (obat yang dipakai pada pasien asma serta rheumatoid arthritis serta ginjal), dan obat-obat kemoterapi pada pasien kanker. Kurangnya kesibukan fisik,

konsumsi kalsium, serta vitamin D, merokok, dan konsumsi alkohol dengan cara berlebihan dapat juga mengakibatkan osteoporosis.

Osteoporosis sekunder merupakan osteoporosis yang disebabkan oleh berbagai penyakit tulang (*chronic rheumatoid, arthritis, tbc spondilitis, osteomalacia*, dll), pengobatan steroid untuk jangka waktu yang lama, astronot tanpa gaya berat, paralise otot, tidak bergerak untuk periode lama, hipertiroid, dan lain-lain.

### 2.2.2 Tulang

Tulang atau kerangka adalah penopang tubuh *vertebrata*. Tanpa tulang, pasti tubuh kita tidak bisa tegak berdiri. Terdapat 206 tulang pada manusia dewasa normal. Ketika baru lahir, sebenarnya kita memiliki lebih dari 300 tulang, beberapa akan menyatu dan akhirnya menjadi 206 tulang ketika dewasa. Tulang merupakan sejenis jaringan penunjang tubuh yang memiliki bahan dasar protein yang berupa *ossein*, sel tulang *osteosit*, dan serat jaringan ikat kolagen (Umah, 2009). Tulang terdiri dari dua bagian : bagian padat di bagian luar disebut *compact bone* atau bagian korteks dari tulang (*cortical*), dan bagian yang lunak atau berongga di bagian dalam tulang dinamakan *spongy bone* atau bagian trabekula dari tulang (*trabecular*), bagian ini memiliki banyak rongga atau lubang.

Didalam tubuh manusia juga terdapat yang namanya tulang rawan (*cartilago*), yaitu jaringan ikat yang mempunyai kemampuan meregang, membentuk penyokong yang kuat bagi jaringan lunak, memberikan kelenturan, dan sangat tahan terhadap tekanan. Contohnya tulang pada paha ayam, dikedua bagian pada ujungnya itu merupakan tulang rawan, sedangkan bagian yang terletak diantara keduanya ataupun bagian yang paling keras disebut dengan tulang.

Tulang mempunyai 2 fungsi utama, yaitu fungsi metabolik dan fungsi mekanik. Fungsi metabolik adalah menyediakan cadangan ion seperti kalsium, fosfor dan magnesium, serta berperan dalam homeostasis mineral. Fungsi mekanik tulang adalah melindungi organ-organ vital, tempat melekatnya otot, menunjang gerak tubuh serta menjadi pembungkus tulang. Sumsum tulang sendiri menjadi perantara tulang dengan sel-sel prekursor, berperan dalam hematopoiesis dan beberapa pada fungsi imun. (Umah, 2009).

Tulang mulai terbentuk sejak bayi dalam kandungan dan kemudian berlangsung terus sampai dekade kedua dalam susunan yang teratur. Organ ini merupakan organ yang mendukung struktur tubuh, melindungi organ-organ internal, serta memungkinkan pergerakan atau perpindahan. Otot-otot skeletal (kerangka) melalui tendon (urat daging) menghubungkan tulang dengan tulang sendi. Pada sumsum tulang merah (pada matriks tulang spongy) diproduksi sel darah merah, sementara pada diaphysis diproduksi sel darah putih.

### **2.2.3 Dental Panoramic Radiograph**

*Dental Panoramic Digital (DPR)* merupakan salah satu foto rontgen ekstra oral yang telah digunakan secara umum di kedokteran gigi untuk mendapatkan gambaran utuh dari keseluruhan maksilofasial. Salah satu kelebihan panoramik adalah dosis radiasi yang relatif kecil dimana dosis radiasi yang diterima pasien untuk satu kali foto panoramik hampir sama dengan dosis empat kali foto intra oral. (<http://repository.usu.ac.id>). DPR mengacu pada metode penangkapan gambar radiografi dengan menggunakan sensor, memecahnya menjadi potongan-potongan elektronik, dan menyajikan serta menyimpan gambar dengan menggunakan

komputer. dimana digital x-ray digunakan sebagai pengganti film fotografai tradisional.

Gambar berbahan dasar film yang dihasilkan ketika foton sinar-x mengenai sebuah film intraoral maka informasi yang direkam dalam film ini dikenal sebagai gambar analog. Gambar analog digambarkan oleh spektrum kontinu dengan bayangan abu-abu antara hitam dan putih yang ekstrim. Hal ini akan membantu untuk memvisualisasikan sebuah gambaran yang sepenuhnya berwarna hitam, abu-abu, dan putih. Bayangan ini mengalir bersama di atas kanvas dan sulit untuk melihat akhir dari bayangan dan awal dari bayangan lainnya. Dalam gambaran digital, sensor menerima informasi analog dan mengubahnya ke gambar digital dalam unit pemrosesan komputer.

Penelitian mengenai perancangan dan pembuatan *Automated Dental Identification System* (ADIS) untuk pengidentifikasian manusia dengan menggunakan *dental radiograph* telah dilakukan. (Amaliah, Bilqis, dkk. 2011). ADIS adalah sebuah system otomatisasi proses untuk pengidentifikasian citra *postmortem* (PM) yang telah didesain untuk mencapai hasil pengidentifikasian yang akurat dan tepat waktu dengan intervensi manusia yang minimum. ADIS memanfaatkan *dental radiograph* yang telah didigitalkan untuk memberikan sebuah daftar pendek dari citra yang cocok untuk ahli forensic gigi. Namun demikian, *dental radiograph* yang digunakan oleh ADIS adalah citra *bitewing* yang sulit untuk didapatkan PM dari korban.

Citra gigi pada penelitian tersebut menggunakan citra *dental panoramic radiograph*. Alasan menggunakan citra ini adalah citra lebih mudah didapat ketika seseorang telah meninggal jika dibandingkan dengan citra *bitewing*.

Beberapa keuntungan dari *Dental Panoramic Radiographs* adalah sebagai berikut:

- a. Meningkatkan keseluruhan cakupan lengkungan gigi dan struktur yang terkait
- b. Produksi relatif tidak mengubah anatomi gambar
- c. Secara signifikan mengurangi radiasi dosis untuk pasien
- d. Kesederhanaan dan kecepatan prosedur
- e. Mengurangi superimposisi struktur anatomi
- f. Prosedur kontrol infeksi minimal
- g. Kemungkinan untuk mendeteksi karies, penyakit periodontal (sumber : Olaf et al, 2002).



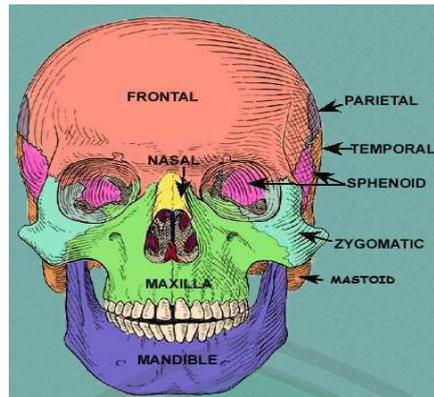
**Gambar 2.2.** *Dental Panoramic radiograph* (sumber : Agus Zainal.2005 )

Beberapa keuntungan dari digital radiograph sendiri adalah lebih menghemat biaya dan juga menyediakan hasil yang lebih cepat dan juga langsung dapat diolah seperti penambahan kontras.(Harinng:2006)

#### **2.2.4 Tulang Rahang (*Maxila dan Mandible Bone*)**

Tulang rahang merupakan bagian dari tulang wajah dimana tempat beradanya gigi-geligi.rahang atas sering disebut dengan *maxilla* dan rahang bawah sering disebut *mandibular*. (Sumawinta,1956) Mandibula adalah tulang rahang pembentuk wajah yang paling besar, berat dan kuat. Mandibula berfungsi dalam proses pengunyahan, penelanan dan bicara. Walaupun mandibula merupakan tulang rahang yang kuat, tetapi ia juga sering mengalami cedera disebabkan posisinya yang menonjol pada tulang wajah, mandibula merupakan tulang rahang yang umum menerima benturan, baik yang sengaja maupun tidak sengaja.

Mandibula adalah tulang pembentuk rahang bawah yang merupakan satusatunya tulang pada tengkorak yang dapat bergerak. Terdiri dari dua tulang yang menyatu pada midline di area simfisis dan merupakan tulang kraniofasial yang sangat penting karena terlibat dalam fungsi-fungsi vital antara lain: pengunyahan, pemeliharaan jalan udara, berbicara dan ekspresi wajah. Mandibula adalah tulang pipih berbentuk U dengan mekanisme pertumbuhan melalui proses osifikasi endokondral dan aposisi periosteal



**Gambar 2.3** Struktur tulang kepala manusia

### 2.2.5 Kanal Mandibula

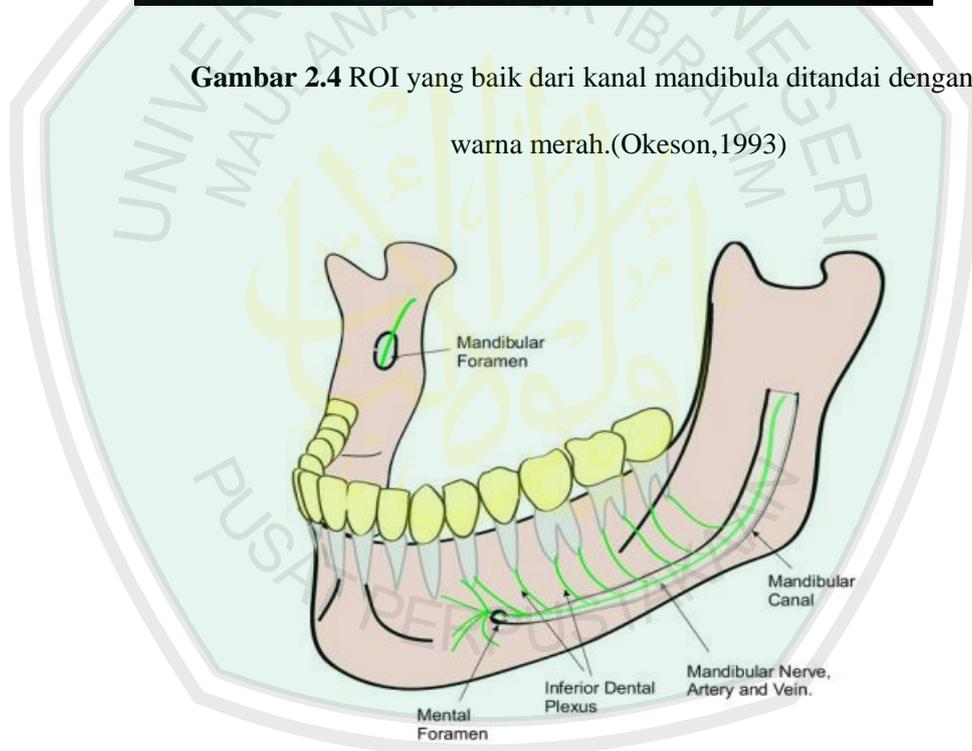
Kanal mandibula merupakan saluran dalam mandibula yang mengandung pembuluh darah dan saraf yang melewati gigi-gigi rahang bawah yaitu inferior alveolar neurovascular bundle yang terdiri dari arteri dan vena alveolar inferior, serta saraf alveolar inferior. Kanal mandibula bermula dari foramen mandibula pada bagian medial ramus. Kanal ini berjalan dalam arah ke bawah dan ke depan dalam ramus dan kemudian secara horizontal dalam badan mandibula sampai foramen mentalis. Kanal mandibula mempunyai beberapa variasi diantaranya lokasi kanal mandibula dari apeks molar dan variasi bentuk anatomis. (repository.usu.ac.id)

Gambaran radiografi kanal mandibula adalah radiolusen dengan batas linier radiopak tipis dimana batas tersebut dapat terlihat tipis atau tidak terlihat sama sekali, tepi superior dan inferior terdiri dari tulang lamella yang berhubungan langsung dengan kanal. Penjalaran kanal ini jelas kelihatan dari foramen mandibula hingga foramen mentalis. Jarang dapat dilihat gambaran kelanjutan kanal mandibula di anterior yang menuju ke garis tengah pada radiograf. Pada mandibula ada kanal kecil yang disebut kanalis mandibula, mengandung bundel alveolar inferior (saraf, arteri dan vena). Kanal dimulai pada rahang bawah foramen, lubang

kecil di ramus, dan berjalan ke foramen mentalis, lubang kecil dekat dengan tonjolan mental (M. Naitoh:2010)



**Gambar 2.4** ROI yang baik dari kanal mandibula ditandai dengan kotak warna merah.(Okeson,1993)



**Gambar 2.5** Kanal mandibula berada pada jalur berwarna hijau

Pada gambar 2.4 cukup jelas digambarkan mengenai posisi mandibular kanal dalam tulang mandibula yaitu saluran yang dilewati syaraf yang digambarkan berwarna hijau.

### 2.2.6 *Diffusi Anisotropic Filltering*

Difusi adalah salah satu proses menyeimbangkan konsentrasi tanpa merubah masa dari objek, difusi ini menerapkan fungsi matematika. Sedangkan anisotropik filltering adalah salah satu metode difusi *nonlinear*. Penyaringan difusi nonlinier anisotropik adalah prosedur didasarkan pada persamaan diferensial nonlinear evolusi parsial yang bertujuan untuk meningkatkan citra secara kualitatif dengan mengeluarkan *noise* sambil mempertahankan detail dan bahkan memperjelas tepi. Ada dua tipe diffusi *anisotropic* yang pertama menawarkan keuntungan di tepian ber *noise*, sedangkan yang kedua baik diterapkan pengolahan fitur satu-dimensi. Mereka disebut *edge-enhancing anisotropic diffusion* dan *coherence-enhancing anisotropic diffusion*.

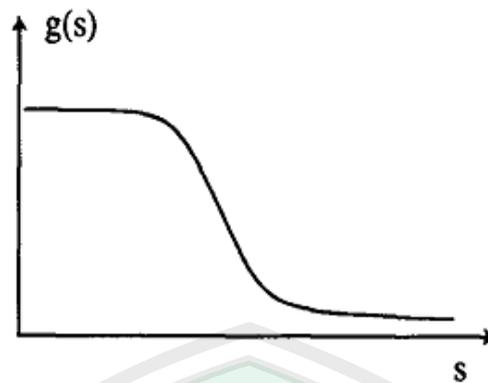
Secara Matematis difusi anisotropic ini dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$I_t = \text{div} (c(x, y, t)\nabla I) = c(x, y, t)\Delta I + \nabla c \cdot \nabla I \quad (2.1)$$

*Div* merupakan operator divergen dengan  $\Delta$  dan  $\nabla$  masing masing merupakan operator gradien dan lapalacian, jika  $c(x, y, t)$  bernilai konstan maka persamaan anisotropik dapat diturunkan menjadi isotropic yaitu:

$$I_t = c\Delta I \quad (2.2)$$

Dalam penerapan anisotropic untuk memperhalus gambar dapat digambarkan dengan memberi koefisien 1 pada bagian dalam ruang dan koefisien 0 pada batas sehingga terjadi pengaburan gambar di masing-masing wilayah tanpa ada interaksi antar wilayah. namun perhitungan seperti itu cukup sulit di lakukan di komputer. yang bisa dihitung adalah sebagai berikut



**Gambar 2.6.** Gambaran kualitatif nonlinear dari  $g(\cdot)$  (sumber : perona malik : 1990)

Tentukan  $E(x, y, t)$  sebagai nilai perkiraan nilai tepi yang sesuai, vektor-nilai fungsi yang didefinisikan pada gambar yang idealnya harus memiliki sifat berikut:

- $E(x, y, t) = 0$  di bagian masing-masing daerah.
- $E(x, y, t) = Ke(x, y, t)$  pada setiap titik ujung, di mana  $e$  adalah vektor satuan normal tepi pada titik, dan  $K$  adalah kontras lokal (perbedaan dalam intensitas gambar pada kiri dan kanan) dari tepi.

Jika perkiraan  $E(x, y, t)$  dengan koefisien sama dapat dikatakan bahwa  $c = g(\|E\|)$  jika pada gambar (5) didefinisikan  $g(0) = 1$  maka dapat dipastikan proses difusi akan diproses di dalam daerah dan tidak akan mempengaruhi batasan.

Untuk mendapatkan hasil difusi yang baik diperlukan perkiraan nilai  $E$  yang tepat. Meskipun ide ini menerapkan algoritma yang rumit dan perhitungan yang rumit namun dapat dibuktikan dengan perkiraan nilai  $E$  sederhana dapat menghasilkan hasil yang baik contoh gradient dari fungsi *brightness*

$$E(x, y, t) = \nabla I(x, y, u) \quad (2.3)$$

Dalam penerapannya difusi anisotropic ini dapat didiskritisasi membentuk sisi persegi dapat dilihat pada gambar (8). diskritisasi dari 4 tetangga terdekat dari operator lapalacian dapat digunakan.

$$I_{i,j}^{t+1} = I_{i,j}^t + \lambda [c_N \cdot \nabla_N I + c_S \cdot \nabla_S I + c_E \cdot \nabla_E I + c_W \cdot \nabla_W I]_{i,j}^t \quad (2.4)$$

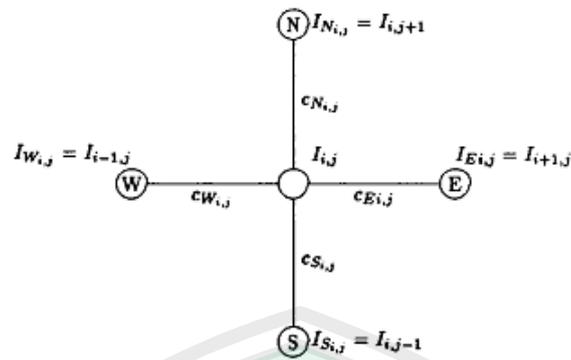
Dimana  $0 \leq \lambda \leq 1/4$  dalam persamaan (4) N, S, E, W merupakan skema numerik dari arah yaitu North, South, East, West dan  $\nabla$  bukanlah merupakan koefisien gradien namun menunjukkan perbedaan tetangga terdekat. Nilai tetangga terdekat dapat diperoleh dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \nabla_N I_{i,j} &= I_{i-1,j} - I_{i,j} \\ \nabla_S I_{i,j} &= I_{i+1,j} - I_{i,j} \\ \nabla_E I_{i,j} &= I_{i,j+1} - I_{i,j} \\ \nabla_W I_{i,j} &= I_{i,j-1} - I_{i,j} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Koefisien konduksi diperbaharui setiap iterasi sebagai fungsi gradient brightest:

$$\begin{aligned} c_{N_{i,j}}^t &= g(\|(\nabla I)_{i+(\frac{1}{2}),j}^t\|) \\ c_{S_{i,j}}^t &= g(\|(\nabla I)_{i-(\frac{1}{2}),j}^t\|) \\ c_{E_{i,j}}^t &= g(\|(\nabla I)_{i,j+(1/2)}^t\|) \\ c_{W_{i,j}}^t &= g(\|(\nabla I)_{i,j-(1/2)}^t\|) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Posisi tetangga terdekat dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 2.7.** Struktur diskritisasi skema perhitungan persamaan difusi (perona and malik :1990)

Pendekatan multi skala yang digunakan pada proses filtering ini menghasilkan serangkaian citra dengan level resolusi spasial yang berbeda-beda. Informasi umum diekstrak dan dipertahankan pada citra-citra dengan skala yang besar. Pada citra-citra dengan skala kecil terdapat lebih banyak informasi lokal jaringan. Dengan kata lain, semakin tinggi skala, detail citra semakin menghilang. Pendekatan multi skala dapat secara efektif meningkatkan kecepatan pengklasifikasian dan dapat menghindari perangkap local solution. Waktu  $t$  dianggap sebagai skala atau level.

Ketika skala meningkat, citra menjadi kabur dan berisi lebih banyak informasi umum. Gambar yang dihasilkan oleh anisotropic diffusion filtering dimana  $t = 0$  adalah citra asli. Semakin besar tingkat skala, informasi lokal yang tampak akan semakin berkurang.

### 2.2.7 Thresholding

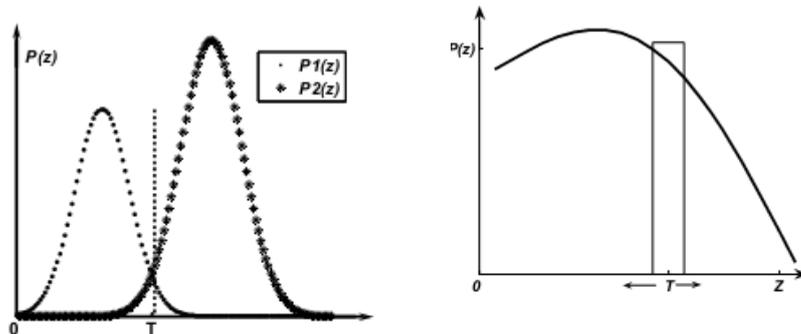
Thresholding adalah teknik untuk segmentasi gambar skala berwarna atau abu-abu berdasarkan warna atau nilai grayscale, yang mengubah gambar menjadi gambar biner dengan mengubah pixel masing-masing menurut apakah itu di dalam atau di luar kisaran yang ditentukan. Pengguna memilih nilai ambang batas bawah dan atas untuk memproses histogram. Jika pixel adalah dalam kisaran ini, diberikan sebuah nilai "dalam". Jika tidak diberikan sebuah nilai "luar". Jadi, thresholding dapat dipandang sebagai sebuah operasi yang melibatkan tes terhadap function  $T$ ,

$$T = T[x, y, p(x, y), f(x, y)] \quad (2.7)$$

Dimana  $f(x, y)$  adalah derajat keabuan pada titik  $(x, y)$  dan  $p(x, y)$  menunjukkan beberapa local variabel seperti rata-rata derajat keabuan lingkungan. threshold dapat dituliskan sebagai berikut:

$$g(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } f(x) < T \\ 1 & \text{selainnya} \end{cases} \quad (2.8)$$

Output *thresholding* adalah citra biner yang mewakili segmentasi. Pixel hitam sesuai dengan latar belakang dan pixel putih sesuai dengan foreground (atau sebaliknya). Dalam implementasi sederhana, segmentasi ditentukan oleh parameter tunggal yang dikenal sebagai *Threshold Intensity*. berikut gambar fungsi kemungkinan *density* :



A

B

**Gambar 2.8** Gambar pengambilan treshold a) Nilai T yang baik dengan *bimodal histogram* b) histogram yang kurang baik untuk tresholding

Pengambilan nilai treshold akan berjalan baik jika pada *bimodal histogram*, namun akan cukup sulit jika di lakukan pada selain *bimodal histogram* (Huang : 2008 )

### 2.2.8 *Image Clustering*

Clustering adalah suatu klasifikasi yang unsupervised (tidak terlatih) terhadap suatu pattern (data, feature vector) menjadi beberapa kelompok atau cluster berdasarkan kemiripannya (Jain, 1999). Secara intuitif, suatu pattern yang berbeda didalam suatu cluster yang benar akan lebih mirip satu sama lain jika dibandingkan dengan pattern yang berada pada cluster yang berbeda. Dapat juga diartikan sebagai proses untuk mendefinisikan pemetaan atau mapping  $f: D \rightarrow C$  dari beberapa data  $D = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  ke dalam beberapa cluster  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  berdasarkan kesamaan antar  $t_i$ .

Sebuah cluster adalah sekumpulan objek yang digabung karena persamaan atau kedekatannya. Sedangkan image clustering adalah proses yang membagi atau mengelompokkan sekumpulan citra ke dalam beberapa bagian yang berbeda, dimana pada bagian yang berbeda tersebut anggotanya memiliki kesamaan khusus (homogen). Ada beberapa perbedan clustering dengan discriminant analysis (supervised learning/categorization). Didalam supervised learning/categorization data merupakan sekumpulan pattern yang telah diberi label

(telah diklasifikasikan terlebih dahulu), dan permasalahannya adalah memberikan label pada sebuah pattern baru yang belum berlabel. (Jain, 1999),

Umumnya pattern yang berlabel (training pattern) dipergunakan untuk memberi label pada sebuah pattern baru. Sedangkan di dalam clustering, permasalahannya adalah untuk mengelompokkan suatu pattern yang belum berlabel menjadi kumpulan cluster yang bermakna. Biasanya cluster yang diperoleh akan diasosiasikan menjadi label atau kelas. Label semacam ini dapat disebut sebagai data driven karena diperoleh secara langsung dari data. Secara garis besar aktivitas clustering melibatkan beberapa tahapan (Jain, 1999), yaitu sebagai berikut.

- a. Merepresentasikan pattern (dapat melibatkan feature extraction atau feature selection).
- b. Mendefinisikan pattern proximity atau similarity yang sesuai dengan domain dari data.
- c. Melakukan clustering sesuai dengan algoritma yang dipilih.
- d. Membuat abstraksi data (jika diperlukan).
- e. Mengevaluasi hasil clustering.

### 2.2.9 Segmentasi Citra

Terdapat dua pendekatan utama dalam segmentasi citra yaitu didasarkan pada tepi (edge-based) dan didasarkan pada wilayah (region-based). Segmentasi didasarkan pada tepi membagi citra berdasarkan diskontinuitas di antara sub-

wilayah (sub-region), sedangkan segmentasi yang didasarkan pada wilayah bekerjanya berdasarkan keseragaman yang ada pada sub-wilayah tersebut.

Hasil dari segmentasi citra adalah sekumpulan wilayah yang melingkupi citra tersebut, atau sekumpulan kontur yang diekstrak dari citra (pada deteksi tepi). Contoh segmentasi dapat dilihat dalam gambar 1. Tiap piksel dalam suatu wilayah mempunyai kesamaan karakteristik atau properti yang dapat dihitung (computed property), seperti : warna (color), intensitas (intensity), dan tekstur (texture)

Segmentasi wilayah merupakan pendekatan lanjutan dari deteksi tepi. Dalam deteksi tepi segmentasi citra dilakukan melalui identifikasi batas-batas objek (boundaries of object). Batas merupakan lokasi dimana terjadi perubahan intensitas. Dalam pendekatan didasarkan pada wilayah, maka identifikasi dilakukan melalui wilayah yang terdapat dalam objek tersebut.

Salah satu cara untuk mendefinisikan segmentasi citra adalah sebagai berikut. Sekumpulan wilayah  $\{ R_1, R_2, \dots, R_n \}$  merupakan suatu segmentasi citra  $R$  ke dalam  $n$  wilayah jika :

- a.  $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- b.  $R_i \cap R_k = \emptyset, i \neq k$
- c.  $R_i$  terhubung,  $i=1,2,\dots,n$
- d. Terdapat suatu predikat  $P$  yang merupakan ukuran homogenitas wilayah
  - o  $P(R_i) = \text{TRUE}, i = 1, 2, \dots, n$
  - o  $P(R_i \cup R_k) = \text{FALSE}, i \neq k$  dan  $R_i$  adjacent  $R_k$

### 2.2.10 Watershed Transform

Konsep transformasi Watershed adalah dengan menganggap sebuah citra merupakan bentuk tiga dimensi yaitu posisi  $x$  dan  $y$  dengan masing-masing tingkatan warna yang dimilikinya. Posisi  $x$  dan  $y$  merupakan bidang dasar dan tingkat warna pixel, yang dalam hal ini adalah citra abu (gray level) merupakan ketinggian dengan anggapan bahwa nilai yang makin mendekati warna putih mempunyai ketinggian yang semakin tinggi. Dengan anggapan bentuk topografi tersebut, maka terdapat tiga macam titik yaitu :

- a. Titik yang merupakan minimum regional
- b. Titik yang merupakan tempat dimana jika setetes air dijatuhkan, maka air tersebut akan jatuh hingga ke sebuah minimum tertentu
- c. Titik yang merupakan dimana jika air dijatuhkan, maka air tersebut mempunyai kemungkinan untuk jatuh ke salah satu posisi minimum (tidak pasti jatuh ke Sebuah titik minimum, tetapi dapat jatuh ke titik minimum tertentu atau titik minimum yang lain).

Untuk sebuah minimum regional tertentu, sekumpulan titik yang memenuhi kondisi (b) dinamakan dengan catchment basin, sedangkan sekumpulan titik yang memenuhi kondisi (c) Dinamakan sebagai garis watershed. Misalkan suatu citra gray level  $f(x,y)$  di anggap sebagai permukaan topografi  $S$ , di mana tiap gray level dianggap dianggap sebagai kemiringan daerah (*terrain elevation*), dan daerah bukit bersesuaian dengan wilayah yang dimaksud, serta lembah atau basin yang menunjukkan suatu minimum. Misalkan tiap minimum  $m_i(f)$  penuh dengan lubang-lubang dan permukaan topografi  $S$  digambarkan secara vertical ke dalam

suatu danau, diasumsikan dengan kecepatan konstan. Air akan mengalir dan memenuhi permukaan.

Selama proses pengisian ini, air akan datang dari dua atau lebih minima yang berbeda. Bendungan (dam) terbentuk apabila air yang memenuhi dari dua catchment basin akan bergabung menjadi satu. Air mengalir mencapai tingkat yang diinginkan dan berhenti mengalir ketika bagian atas dari dam terlihat. Gambar berikut memperlihatkan dua minima yang digambarkan sebagai dua basin. Dam ditunjukkan dengan warna terang di tengah antara dua basin.



**Gambar 2.9** Watershed

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang rangkaian uji coba terhadap penelitian yang dilakukan. Uji coba ini bertujuan untuk melihat sejauh mana keberhasilan dari implementasi metode segmentasi *watershed* ini, sedangkan evaluasi dilakukan dengan menganalisa hasil dari uji coba yang telah dilakukan. Tujuan lain dari evaluasi juga untuk mendapatkan kesimpulan dan saran dari penelitian yang sudah dilakukan sebagai tinjauan untuk pengembangan aplikasi serupa kedepannya.

#### 4.1 Langkah-langkah Uji Coba

Langkah – langkah Uji coba dalam penelitian ini sebagai berikut :

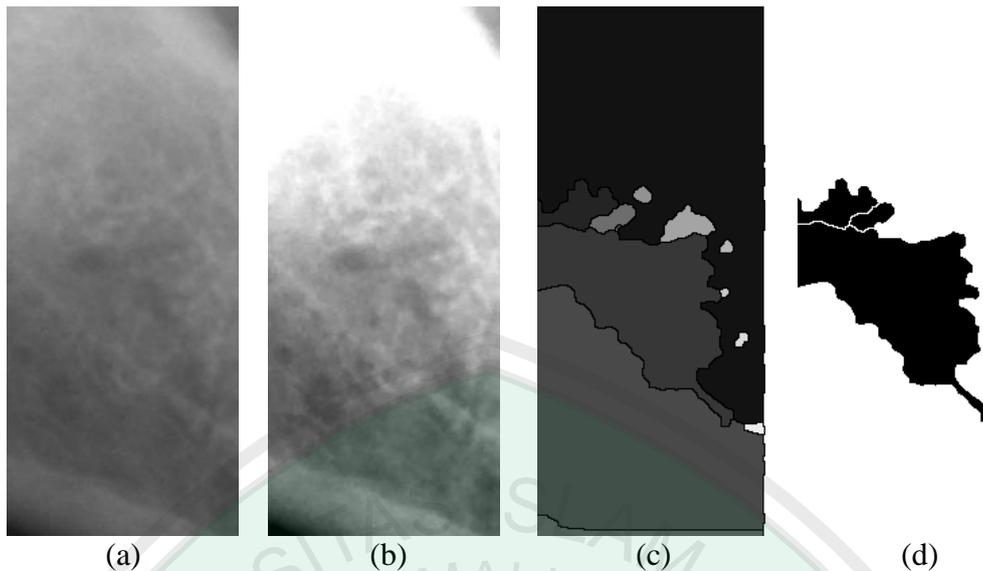
- a) Mengumpulkan sampel citra panorama gigi sebanyak 100 citra yang diperoleh dari ITS yang pernah digunakan sebagai obyek penelitian oleh Akira Taguchi dan Agus Zainal Arifin. Gambar yang digunakan sebagai *sampel* dihasilkan dari alat panorama radiografi.
- b) *Input Citra*, Input citra kedalam aplikasi berupa data *dental panoramic radiograph* secara utuh.
- c) *Crop* atau potong citra pada ROI (*Region Of Interest*) yakni bagian mandibula yang berada di sekitar gigi geraham paling belakang.
- d) Perbaikan gambar dilakukan untuk mengurangi segmentasi berlebihan yang menghasilkan banyak obyek.
- e) Proses segmentasi yakni membagi gambar dalam *region – region* yang didasarkan pada tepi yang ditemukan.
- f) Proses pengambilan obyek yang dibutuhkan dari citra hasil segmentasi.

- g) Simpan gambar yang sudah di potong, gambar hasil perbaikan, gambar hasil segmentasi dan gambar obyek yang di ambil.
- h) Catat jumlah obyek yang di dihasilkan dan obyek yang seharusnya di inginkan
- i) Hitung akurasi gambar hasil segmentasi dengan gambar asli dengan metode ROC (*receiver operating characteristic*).

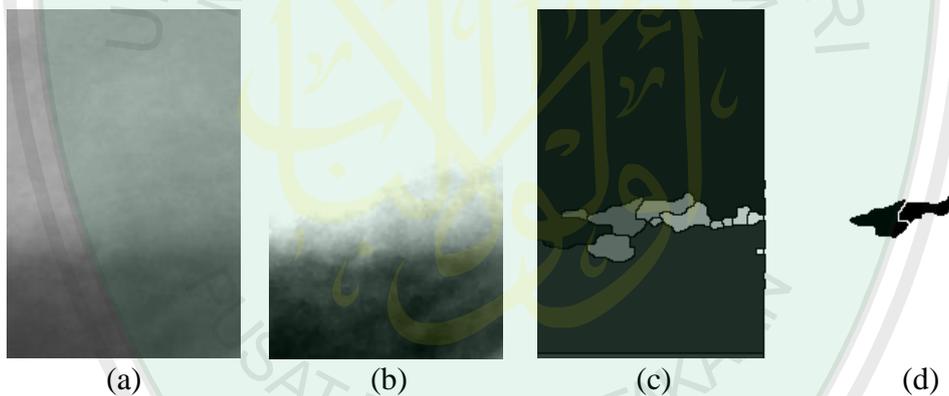
#### 4.2 Hasil Uji Coba

Tahapan pengujian aplikasi di lakukan dengan 25 sampel data *Dental Panoramic Radiograph*, Proses pengujian dilakukan satu persatu, untuk masing – masing citra akan di potong pada dua bagian ROI yakni mandibula kanan dan mandibula kiri.

Pada uji coba yang di lakukan tidak semua data di hasilkan jumlah *region* sesuai keinginan, ada region kanal yang harusnya terpisah dari tulang mandibula justru bercampur, Contoh pada Gambar 4.1 bagian (d) obyek bagian atas ada yang membentuk cekungan, berdasarkan gambar aslinya cekungan tersebut tidak ada. Untuk mengetahui seberapa besar perbedaan antara hasil kanal yang di harapkan dengan obyek yang di dihasilkan metode segmentasi *wateshed*. Kita bahas Dua hasil uji coba segmentasi pada citra *Dental Panoramic Radiograph* yang ada pada pada Gambar 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4 , untuk hasil percobaan sisanya dapat di lihat pada lampiran

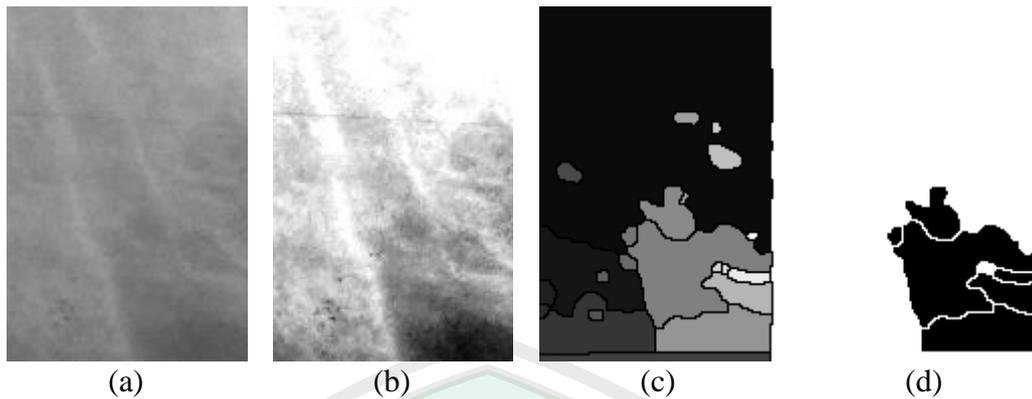


**Gambar 4.1 :** Hasil Uji coba gambar 003\_L.tif. (a) Gambar 003.tif yang di potong dengan ukuran 171 x 394. (b) gambar hasil perbaikan *diffusi anisotropic*. (c) gambar hasil segmentasi *watershed*. (d)\_region yang di inginkan

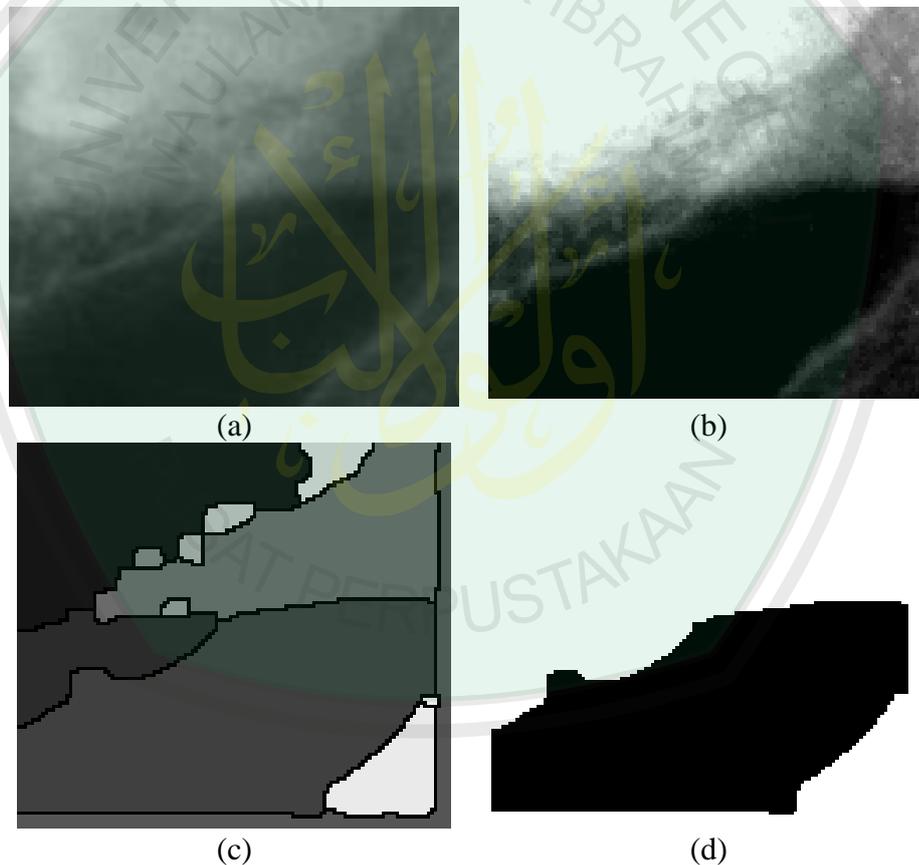


**Gambar 4.2 :** Hasil Uji coba Gambar 003\_R.tif. (a) Gambar 003.tif yang di potong dengan ukuran 157 x 237. (b) gambar hasil perbaikan *diffusi anisotropic*. (c) gambar hasil segmentasi *watershed*. (d)\_region yang di inginkan

Pada gambar 4.1 dan 4.2 citra *Dental Panoramic Radiograph* pada sisi kiri dan kanan memiliki tingkat kejelasan yang berbeda hal ini mengakibatkan obyek bisa di kenali berbeda, pada Gambar 4.1 pada gambar aslinya kita bisa melihat garis kanal meskipun samar – samar. Pada Gambar 4.2 tidak terlihat garis kanal. Dengan kondisi Gambar 4.2 pengukuran kesesuaian obyek yang di dihasilkan dari segmentasi dan obyek pada gambar asli tidak relevan untuk di bandingkan.



**Gambar 4.3 :** Hasil Uji coba gambar DPR01.tiff bagian kanan dengan ukuran (a) Gambar yang DPR01.tiff yang di potong dengan ukuran 119 x 177. (b) gambar hasil perbaikan *diffusi anisotropic*. (c) gambar hasil segmentasi *watershed*. (d) *region* yang di inginkan



**Gambar 4.4 :** Hasil Uji coba gambar DPR01.tiff bagian kanan (a) Gambar yang DPR01.tiff yang di potong dengan ukuran 125 x 112. (b) gambar hasil perbaikan *diffusi anisotropic*. (c) gambar hasil segmentasi *watershed*. (d) *region* yang di inginkan

Pada Gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan pengambilan ROI yang tepat menghasilkan region yang baik. Pada Gambar 4.3 region kanal terlihat dengan akurat, yakni menjadi satu obyek yang jelas untuk di ambil.

Mengukur kemampuan dari metode segmentasi *watershed* dengan preprocessing *diffusi anisotropic* selain dengan melihat obyek secara visual juga dapat dilakukan dengan metode ROC. Metode ROC akan membandingkan Nilai pixel pada gambar asli dan gambar hasil segmentasi. Metode ROC akan menghasilkan Nilai Akurasi, Presisi dan *recall*. Hasil percobaan pada 25 sample gambar *Dental Panoramic Radiograph* dapat di lihat pada tabel 4.1

**Tabel 4.1** Tabel Akurasi, Presisi dan Recall

Nama File	Tp	Tn	Fp	Fn	Akurasi	Presisi	Recall
003-L.tiff	1104	29040	685	36545	44.7413	61.7105	2.93235
003-R.tiff	323	23900	709	12277	65.0998	31.2984	2.56349
020-R.tiff	480	30277	1133	41475	41.9233	29.7582	1.14408
020-L.tiff	537	89448	2986	121229	42.0098	15.2427	0.44101
029-R.tiff	385	113448	4703	69609	60.5028	7.5668	0.55005
029-L.tiff	637	55724	1362	53652	50.6047	31.8659	1.1734
030-R.tiff	1246	50170	1896	60982	44.9857	39.6563	2.0023
030-L.tiff	1734	66406	2795	95700	40.8918	38.2866	1.7797
037-R.tiff	1915	25541	614	30625	46.7774	<b>75.7216</b>	5.8851
037-L.tiff	1322	17610	1350	36005	33.6348	49.476	3.5417
039-R.tiff	195	43386	2959	10764	76.0523	6.1826	1.7794
039-L.tiff	591	83947	1760	65082	55.8449	25.1382	0.89991
040-R.tiff	1226	31074	1321	43867	41.6839	48.1351	2.7188
040-L.tiff	755	25987	1324	36401	41.4817	36.3155	2.032
041-R.tiff	1468	23200	813	39943	37.7048	64.3577	3.545
041-L.tiff	1036	43806	1084	60214	42.248	48.8679	1.6914
045-R.tiff	505	14491	556	29124	33.5661	47.5966	1.7044
045-L.tiff	687	49385	1554	27982	62.8982	30.656	2.3963
046-R.tiff	742	10944	794	25220	30.9973	48.3073	2.858
046-L.tiff	171	61280	976	3813	<b>92.7702</b>	14.9085	4.2922
047-R.tiff	408	5892	609	21009	22.5661	40.118	1.905

047-L.tiff	787	33944	2398	49203	40.2296	24.7096	1.5743
049-R.tiff	727	22006	1731	32461	39.935	29.5769	2.1906
049-L.tiff	466	16260	858	33839	32.5263	35.1964	0.009302
050-R.tiff	514	32779	937	32666	49.7683	35.4238	1.5491
050-L.tiff	932	59347	2950	42396	57.0689	24.0082	2.151
056-R.tiff	456	28497	838	24083	53.7421	35.2396	1.8583
056-L.tiff	866	53986	2012	58419	47.5803	30.0903	1.4607
059-R.tiff	1428	21482	1449	41779	34.6397	49.635	3.305
059-L.tiff	1253	34757	2063	49143	41.2883	37.7865	2.4863
061-R.tiff	3198	29771	3914	45290	40.1215	44.9663	6.5954
061-L.tiff	703	34708	803	23300	59.5003	46.6799	2.9288
062-R.tiff	1092	24438	911	33773	42.3988	54.5182	3.1321
062-L.tiff	1222	60191	2930	60915	49.0292	29.4316	1.9666
064-R.tiff	1497	106149	1329	91288	53.7523	52.9724	1.6134
064-L.tiff	508	28468	1840	62458	31.0655	21.6354	0.80678
068-R.tiff	784	23595	470	19527	54.9374	62.5199	3.86
068-L.tiff	732	12833	914	67049	16.6385	44.4714	1.0799
069-R.tiff	773	20267	1659	46531	30.3914	31.7845	1.6341
069-L.tiff	799	48782	3586	50377	47.884	18.2212	1.5613
092-R.tiff	1163	16915	1597	32957	34.3479	42.1377	3.4086
092-L.tiff	791	10683	1026	19372	36.0003	43.5333	3.923
DPR14-R.tiff	112	2618	109	2231	53.8462	50.6787	4.7802
DPR14-L.tiff	116	2743	238	2421	51.8123	32.7684	4.5723
DPR15-R.tiff	112	2572	184	3167	44.4739	37.8378	3.4157
DPR15-L.tiff	159	1128	157	3314	27.0492	50.3165	4.5782
L-DPR01.tiff	588	13273	615	6587	65.8073	48.8778	<b>8.1951</b>
R-DPR01.tiff	436	5081	338	8145	39.4071	56.3307	5.081
063-R.tiff	757	38275	1447	26585	58.2011	34.3466	2.7686
063-L.tiff	277	16925	393	45699	27.1779	41.3433	0.60249
Rata- rata					45.3921	38.7640	2.618475

### 4.3 Pembahasan

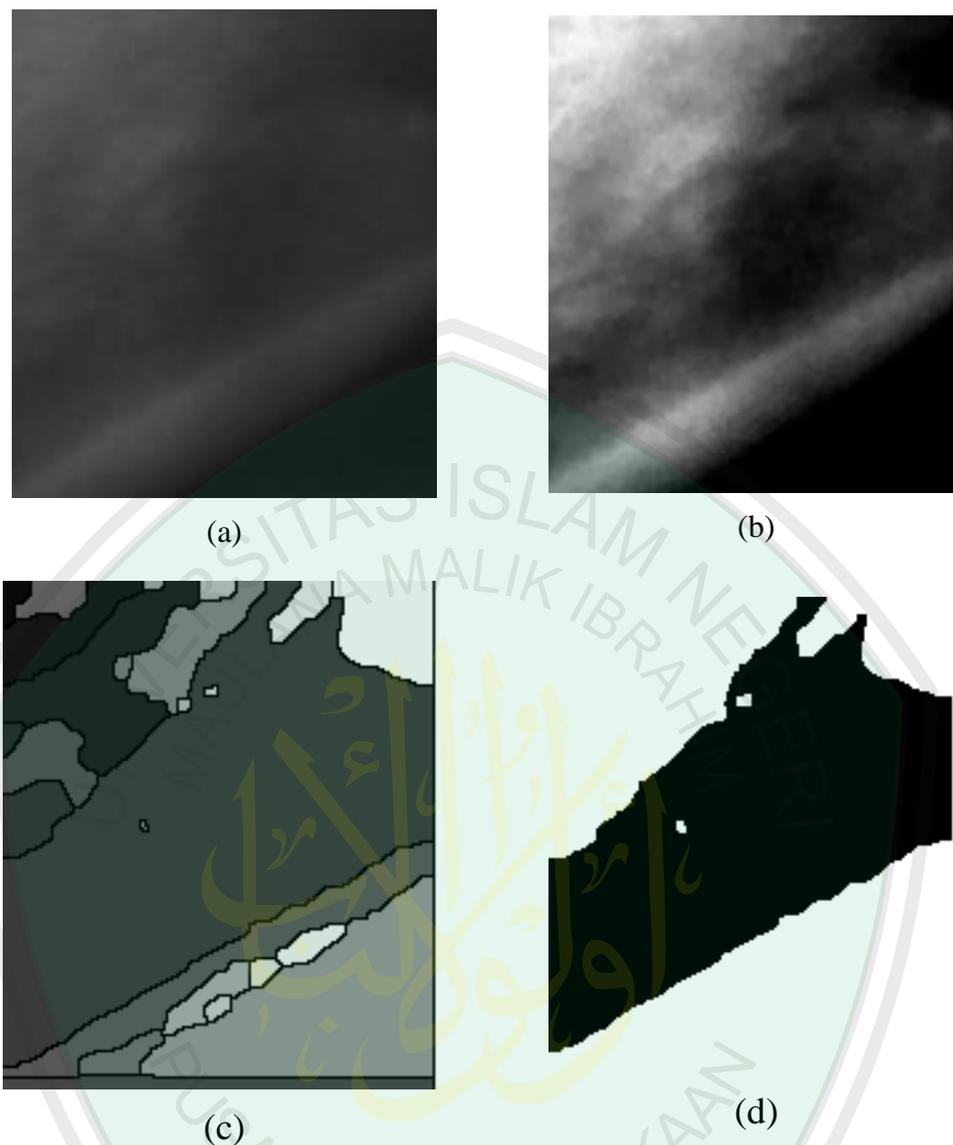
Uji coba yang dilakukan pada 25 sampel gambar *Dental Panoramic Radiograph*, masing – masing di berlakukan dua kali uji coba untuk bagian mandibula kanan dan mandibula kiri. Dari hasil ujicoba pada sub bab 4.2 di hasilkan gambar tersegmentasi dan objek yang di perlukan seperti yang terlihat pada gambar 4.1, 4.2, 4.3, 4.4. dari serangkaian hasil uji coba pada 50 potongan gambar. Di

hitung nilai akurasi presisi dan *recall* yakni dengan membandingkan gambar asli dengan gambar yang di segmentasi dengan *watershed* dengan perbaikan *diffusi anisotropic*. Cara perhitungan akurasi, presisi dan *recall* telah di jelaskan pada persamaan 3.6, 3.7 dan 3.8. pada perhitungan akurasi citra inputan persamaan akurasi , presisi dan *recall* adalah perbandingan pixel antara gambar asli dan gambar yang telah di segmentasi. Dengan ketentuan pada table 4.2

		Nilai Asli	
		<i>True</i>	<i>False</i>
Nilai Hasil	<i>True</i>	TP ( <i>True Positive</i> )	FP ( <i>False Positive</i> )
	<i>False</i>	FN ( <i>False Negative</i> )	TN ( <i>True Negative</i> )

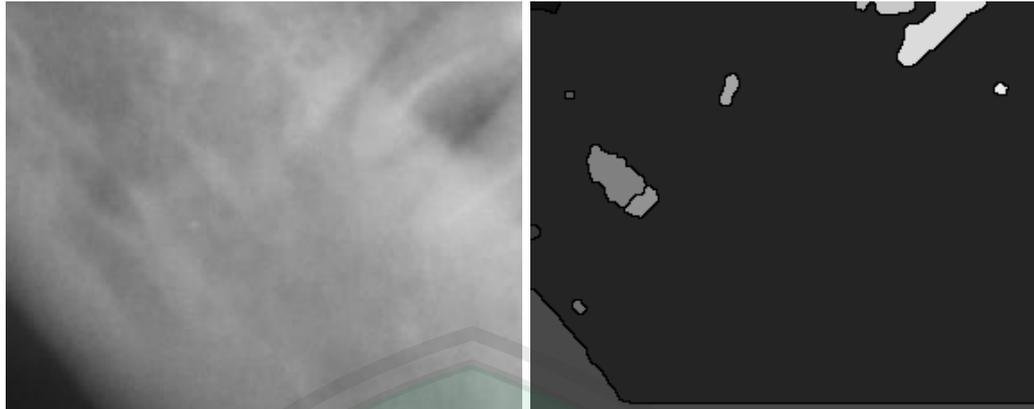
**Gambar 4.5 :** Tabel kebenaran Perbandingan Anggota *pixel* citra

Berdasarkan penelitian penghitungan akurasi presisi dan *recall* berbeda-beda tergantung pengambilan *region* dan kualitas citra yang di miliki.berdasarkan pengamatan visual pada lampiran . gambar yang berhasil mengambil region paling baik di tunjukan oleh gambar nomor 092-L.tiff yaknin satu region yang menyerupai bentuk kanal pada gambar aslinya. Perbandingan antara gambar asli dan region yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4.5



**Gambar 4.6** hasil segmentasi citra DPR 092.tiff di potong sebelah kiri dengan ukuran 166 x 192 (a) Potongan 092.tiff sebelah kiri (b) gambar hasil perbaikan *diffusi anisotropic*. (c) gambar hasil segmentasi *watershed*. (d) *region* yang diinginkan

Namun jika dilihat pada table perhitungan akurasi, presisi dan *recall* gambar 4.5 memiliki akurasi di bawah 50% yaitu 36.0003% dengan tingkat presisi 43.5333 % dan *recall* sebesar 3.923 %. Sedangkan jika dilihat dari table 4.1 akurasi terbaik ada pada gambar 046-L.tiff yaitu sebesar 92,7702 % sedang presisi tertinggi ada pada gambar 037-R.tiff yaitu presisi sebesar 75,7216% sedangkan *recall* terbaik di dapat pada gambar L-DPR01.tiff sebesar 8,1951%.



(a)

(b)

**Gambar 4.7** Akurasi tertinggi dengan metode ROC (a) ROI gambar 046.tif bagian kiri. (b) hasil segmentasi *watershed*



(a)

(b)

**Gambar 4.8** Presisi tertinggi dengan metode ROC (a) ROI gambar 037.tif bagian kanan. (b) hasil segmentasi *watershed*



(a)

(b)

**Gambar 4.9** Recall tertinggi dengan metode ROC (a) ROI gambar DPR01.tif bagian kiri. (b) hasil segmentasi *watershed*

Berdasarkan table 4.1 maka dapat di rumuskan berapa rata- rata akurasi segmentasi metode *watershed transform* dengan perbaikan *diffusi anisotroppic*. Yakni dengan persamaan 4.1, dan berapa rata- rata presisi dengan persamaan 4.2 dan rata-rata *recall* dengan persamaan 4.3

$$\overline{akurasi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n akurasi_i \quad 4.1$$

$$\overline{presisi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n presisi_i \quad 4.2$$

$$\overline{recall} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n recall_i \quad 4.3$$

Berdasarkan persamaan 4.1, 4.2 dan 4.3 di dapatkan rata- rata akurasi sebesar 45.3921 % dan presisi sebesar 38.7640 % dan rata- rata *recall* sebesar 2.618475 % .

#### 4.4 Integrasi Metode *Watershed Transform* dengan Al-Qur'an

Penelitian ini menggunakan metode *watershed transform* untuk segmentasi kanal mandibula pada citra *Dental Panoramic Radiograph*. Metode *watershed transform* memanfaatkan sifat air untuk menemukan batasan antara dua basin yang merupakan titik terendah. Adanya titik tengah yang di jadikan tepian untuk mengidentifikasi batas antara dua basin. Air sendiri memiliki banyak manfaat yang banyak bagi manusia sebagaimana dijelaskan dalam ayat Al – Qur'an bahwasanya air adalah sumber dari kehidupan yang mempunyai banyak manfaat yaitu menghidupkan bumi setelah mati (kering). Bukti bahwa air merupakan rahmat yang

di berikan Allah SWT kepada manusia tercermin dalam firman Allah dalam surat Al – Baqarah ayat 164.

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي

الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ

بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ

السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٦٤﴾

164. Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, bahtera yang berlayar di laut membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengan air itu Dia hidupakan bumi sesudah mati (kering)-nya dan Dia sebarkan di bumi itu segala jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi; sungguh (terdapat) tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkan (Al- Baqarah : 164)

Sungguh besar tanda – tanda keagungan Allah SWT dengan menurunkan air hujan yang dapat menumbuhkan segala macam tumbuh-tumbuhan. Menjadikan bumi hijau dengan menciptakan kebun – kebun kurma, zaitun, delima, dan buah-buahan lainnya yang sungguh dapat bermanfaat bagi manusia. Bukti kekuasaan

Allah tentang penurunan air hujan yang bermanfaat bagi bumi terdapat dalam surat Al – An’am ayat 99.

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ

خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ

مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ أَنْظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ

وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

99. Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman ( QS. Al – An’am: 99)

Metode *watershed transform* memisahkan antara dua bagian bassin (cekungan) sehingga ada batasan diantara dua bassin tersebut. Di dalam Al – Qur’an

juga dijelaskan adanya pemisah antara dua laut, sebagaimana firman Allah SWT dalam surat An Naml ayat 61.

أَمَّنْ جَعَلَ الْأَرْضَ قَرَارًا وَجَعَلَ خِلَالَهَا أَنْهَارًا وَجَعَلَ لَهَا رَوَاسِيَ وَجَعَلَ بَيْنَ

الْبَحْرَيْنِ حَاجِزًا أَلَيْسَ بِاللَّهِ بِأَكْثَرُهُمْ لَا يَعْلَمُونَ ﴿٦١﴾

61. Atau siapakah yang telah menjadikan bumi sebagai tempat berdiam, dan yang menjadikan sungai-sungai di celah-celahnya, dan yang menjadikan gunung-gunung untuk (mengkokohkan)nya dan menjadikan suatu pemisah antara dua laut? Apakah disamping Allah ada tuhan (yang lain)? Bahkan (sebenarnya) kebanyakan dari mereka tidak mengetahui (QS. An-Naml : 61)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan uji coba yang telah dilakukan pada bab IV, dapat disimpulkan bahwa:

Metode *Watershed transform* dapat memisahkan region pada bagian mandibula, sehingga metode dapat digunakan untuk memisahkan bagian kanal mandibula dengan tulang mandibula. Uji coba dilakukan pada 25 citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR), setiap citra dipisah antara bagian mandibula kanan dan kiri.

Performa dari metode *watershed transform* setelah uji coba diperoleh akurasi citra terbaik sebesar 92,77 %, presisi tertinggi sebesar 75,72 % dan recall terbaik sebesar 8,19%. Namun rata-rata dari keseluruhan metode pengukuran performa ROC masih di bawah 50% dengan rincian akurasi sebesar 45.39 %, presisi sebesar 38.76 % dan recall sebesar 2.62 %.

#### 5.2 Saran

Penelitian aplikasi *segmentasi* kanal mandibula pada citra *Dental Panoramic Radigraph* menggunakan metode *watershed transform* masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, peneliti menyarankan untuk menggunakan metode lain dalam penelitiannya.

Meskipun pada penelitian ini menyatakan metode *watershed transform* dapat digunakan untuk memisahkan *object* dengan *background* , namun hasil dari

metode ini kurang bagus di kombinasikan dengan metode perbaikan *diffusi anisotropic*. Karena masih terlalu banyak menghasilkan *region*, sehingga kedepannya penelitian ini bisa dikembangkan menggunakan metode perbaikan citra yang lain atau bahkan bisa menggunakan metode segmentasi yang lain dengan data citra *Dental Panoramic Radiograph* yang lebih bagus.



## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Agus Zainal, dkk. 2005. *Computer-aided system for measuring the mandibular cortical width on panoramic radiographs in osteoporosis diagnosis*. Graduate School of Engineering, Hiroshima University, 1- 4 -1 Kagamiyama, Higashi Hiroshima, Hiroshima, 739-8527 JAPAN
- Bagus, Puruhit Prakosa. 2010. *Segmentasi citra dengan algoritma deteksi tepi kontour berbasis pelacakan target secara dinamis*. Skripsi Teknik Informatika ITS
- Bozic, M dan Hren, N Ihan. 2005. *Osteoporosis and mandibles. Dentomaxillofacial Radiology* Volume 35 Halaman 178–184.
- Cahyaningsih, Sri. 2010. *Deteksi osteoporosis dengan tresholding metode otsu pada citra x-ray tulang rahang*. Skripsi strata satu di terbitkan. Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, Jawa Timur
- Darmojo R. Boedhi, dkk, 1999. *Buku Ajar Geriatri*, Jakarta: Balai Penerbit FKUI
- Elidasari Monika. Pramono Coen., *Penatalaksanaan Fraktur Bilateral Pada Angulus Mandibula*. Dalam Majalah PABMI, Persatuan Ahli Bedah Mulut Indonesia, Bandung, 2004, 241-245
- Evelyn .c Pearce. 2009. *Anatomi dan fisiologi untuk paramedis*. Jakarta:Gramedia Pustaka utama
- Figueredo, Mario AT. 2002, *Unsupervised learning Of finite mixture Model. IEE transaction on patern analysys and machine intelegent Vol 24.No 3*

Georgio, Nicola, dkk. 2010. *Self-Adaptive Gaussian Mixture Models for Real-Time Video Segmentation and Background Substraction*. 2010 10th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications

Groen, J. J.; Duyvensz, F.; Halsted, J. A. Diffuse alveolar atrophy of the jaw (non-inflammatory form of paradental disease) and presenile osteoporosis. *Geront. Clin.*, 2:68-86, 1960

Haring and Howerton. 2006. *Dental Radiography Principles and Techniques*. St. Louis Missouri: Saunders. 343-353 pp.

Hen, Hong C.2005, *Alignment and Matching of DentalRadiographs*. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 27,

Hildebolt, C. F. *Osteoporosis and oral bone loss.Dentomaxillofac. Radiol.*, 26:3-15, 1997.

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/25492/4/Chapter%20I.pdf>

(diunduh pada tanggal 1 Desember 2012).

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/42867/4/Chapter%20II.pdf>  
(diunduh pada tanggal 30 Juni 2016)

<http://pdpersi.co.id/pdpersi/content/news.php?mid=5&catid=23&nid=1560> (diakses pada 01juni 2015)

Huang, Zhi-kai. 2008. *A New Tresholding Method Based On Gaussian Mixture Model*. *Aplied Mathematics and Computation* Vol.205 No.2

Iis Zatznika. 2011, Pusat data dan persatuan rumah sakit seluruh indonesia.

Kroon, Dirk-Jan. 2011, *Segmentation Of The Mandibular Canal In Cone-Beam Ct Data*. University of Twente Netherlands

- Liu,Bing. *Unsupervised learning: clustering and gaussian mixture model*(reading text)
- Malik, Jitendra. Pietro Perona. *Scale-Space and edge detection using annisotropic diffusion*. IEEetransactions on pattern analisys and machine intelegent 1990 vol 12
- Mulyono, Agus.2010. *Analisis Tekstur Citra X-Ray Tulang Tangan (Manus) Untuk Identifikasi Osteoporosis* .Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang,Jawa Timur
- Murinto., Harjoko. 2009. *Segmentasi Citra Menggunakan Watershed dan intensitas filtering sebagai preprocessing*. Seminar nasional Informatika 2009
- Murni, Aniati. 2004 . [staf.cs.ui.ac.id/WebKuliah/citra/2004/segmentasi.ppt](http://staf.cs.ui.ac.id/WebKuliah/citra/2004/segmentasi.ppt) ( di akases pada tanggal 24 mei 2012)
- Okeson, JP.1993. *Functional anatomy and Biomechanics of the masticatory system*, In management of temporomandibular disorder and occlusion, Okeson Jeffrey P, Mosby, St Louis 13-21
- Putra, damar. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. jogjakarta: Andi offset.
- Rizzoli, rene. 2010. *Atlas of postmenopausal osteoporosis third edition* London: curent medicine group
- Sumawinta, narlan. 1956. *Senarai istilah kedokteran gigi*. Jakarta: kedokteran egc
- Supari, Siti Fadilah. 2008. *Pedoman Pengendalian Osteoporosis*, Jakarta : 2008
- Taguchi, Akira dkk. 2005. Use of dental panoramic radiographs in identifying younger postmenopausal women with osteoporosis. International

Osteoporosis Foundation and National Osteoporosis Foundation . Volume  
17 Halaman 387 – 394.

Tandra, Hans. 2009. *Segala Sesuatu Yang Harus Anda Ketahui Osteoporosis*,  
Jakarta:Gramedia Pustaka Utama

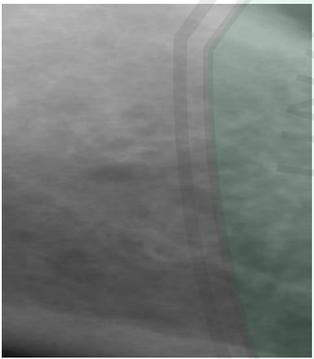
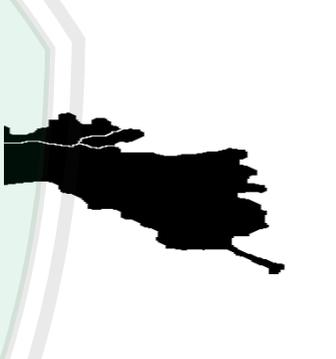
Umah, Nanik Inayatul. 2009. *Deteksi Osteoporosis Menggunakan Jaringan Syaraf  
Tiruan dengan Memanfaatkan Citra X-Ray Tulang Melalui Filter Gabor dan Angka  
Euler*. Fisika UIN Malang.

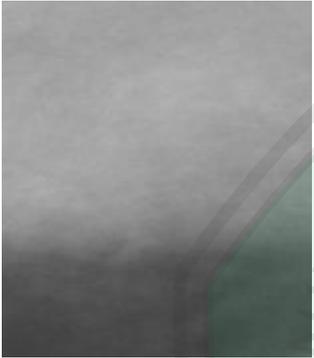
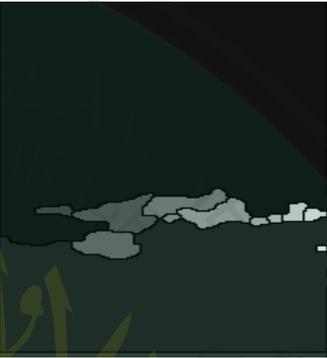
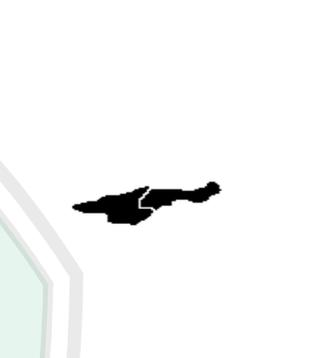
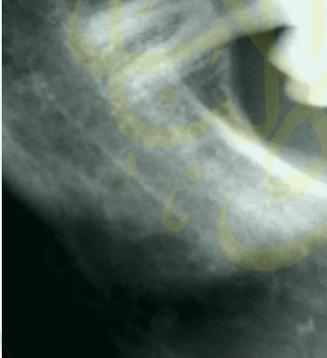
White, S. C. 2002. Oral radiographic predictors of Osteoporosis Dentomaxillo fac.  
*Radiol.*, 31:84-92,.

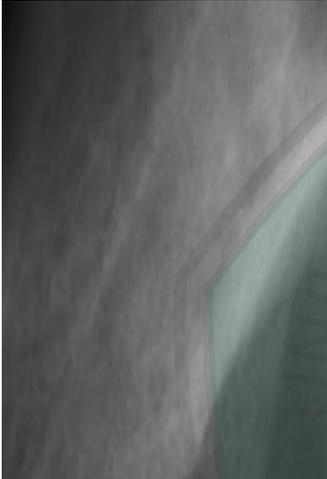
Widyantara, O., Kusuma, Agus T., Wirastuti, Ni Made A. 2015. *Preprocessing pada  
segmentasi citra paru – paru dan jantung menggunakan anisotropic  
diffusion filter. Teknologi elektro, vol 14 No.2 Juli-Desember 2015*

Yasbil, Genbit. 2006. *Perancangan program aplikasi Pemisahan noise  
menggunakan gaussian mixture model dan Mabc (studi kasus : absensi  
karyawan perusahaan mentari Rajut)*, Skripsi Program Ganda Teknik  
Informatika dan Matematika, Universitas Bina Nusantara

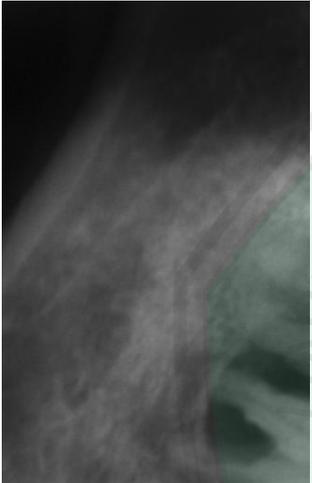
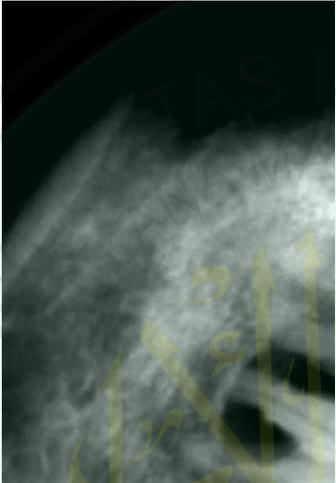
Lampiran I : Citra hasil uji coba aplikasi segmentasi kanal mandibula

No	Nama Data	Citra Asli	Hasil <i>Enhancement</i>	Hasil <i>watershed</i>	Hasil <i>Region Citra</i>
1	003-L.tiff				

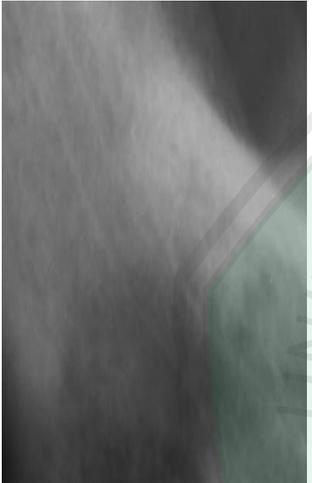
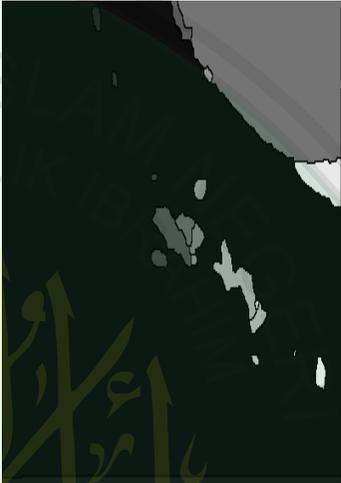
2	003- R.tiff				
3	020- R.tiff				

4	020- L.tiff				
---	----------------	---	--	---	---

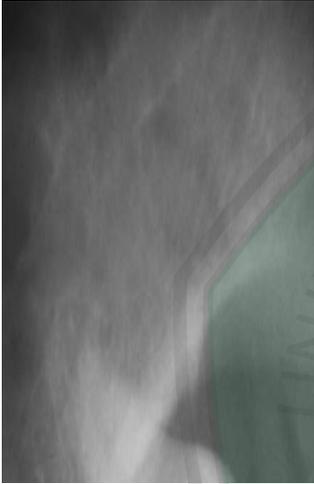


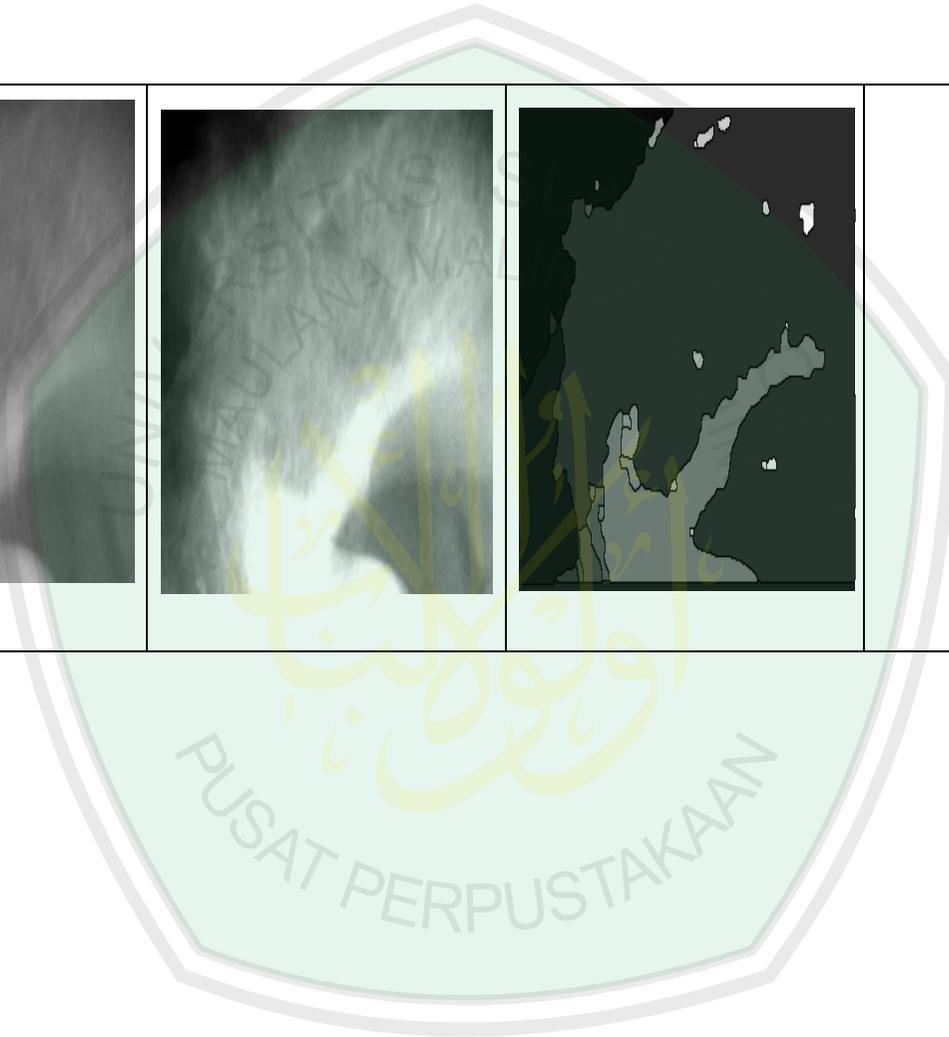
5	029- R.tiff				
---	----------------	---	--	---	---

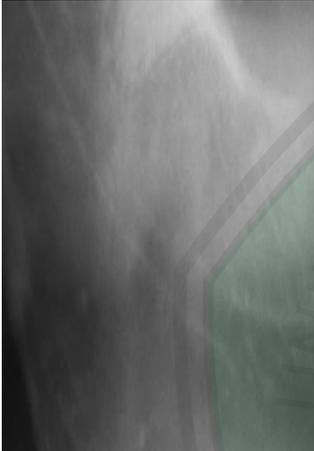


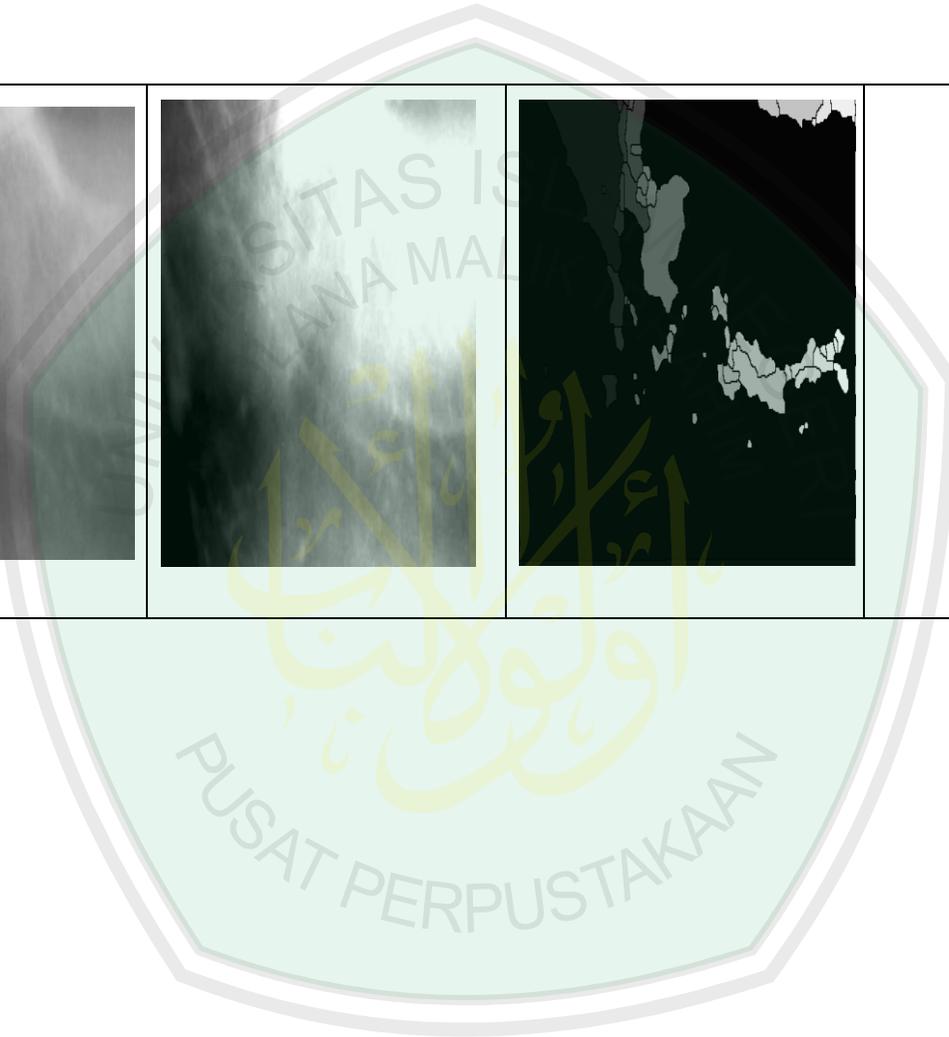
6	029- L.tiff				
---	----------------	---	--	---	---

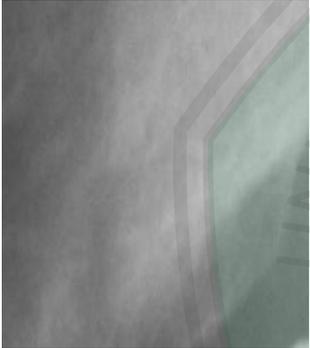
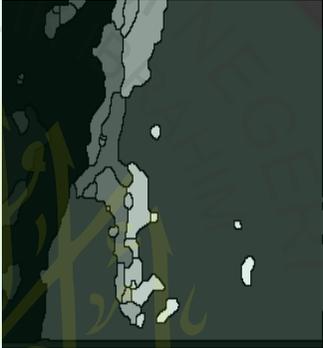


7	030- R.tiff				
---	----------------	---	--	---	---

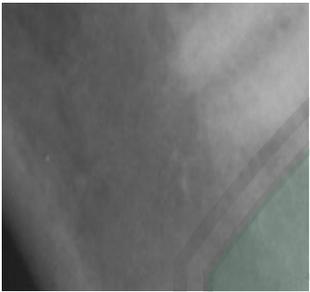
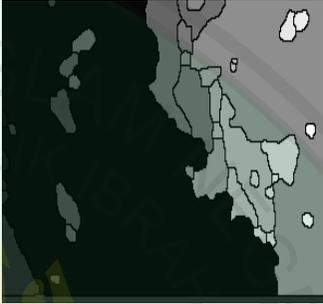
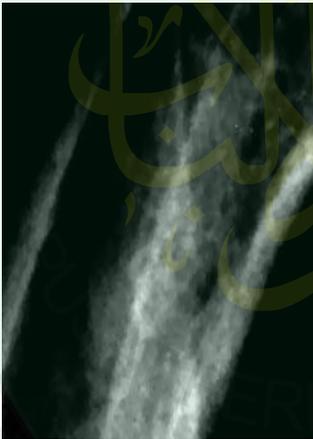


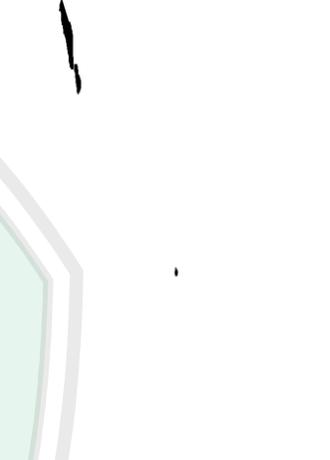
8	030- L.tiff				
---	----------------	---	--	---	---

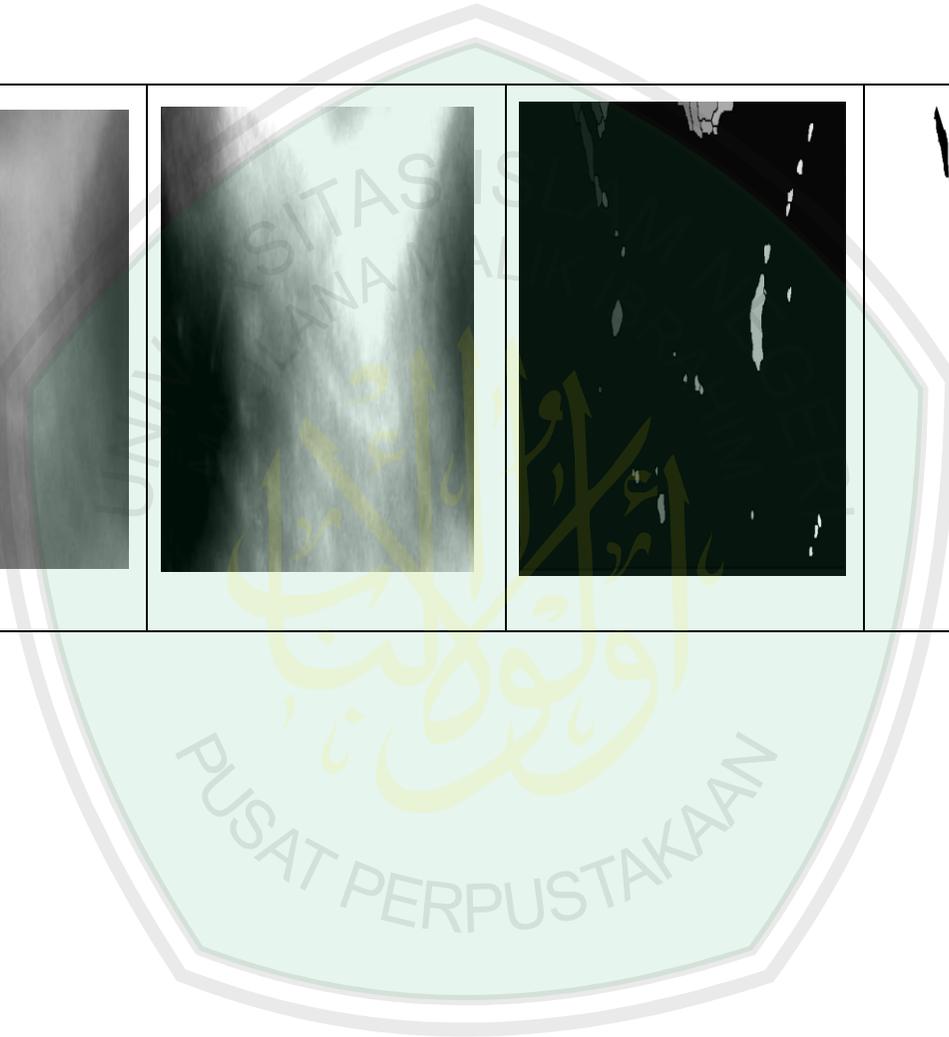


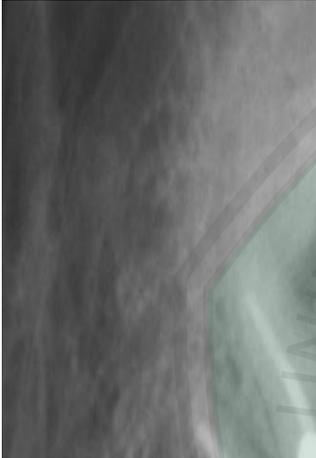
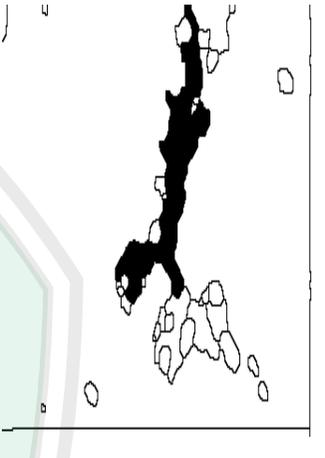
9	037- R.tiff				
---	----------------	---	--	---	---

UNIVERSITAS ISLAM  
KUALA LUMPUR  
PUSAT PERPUSTAKAAN

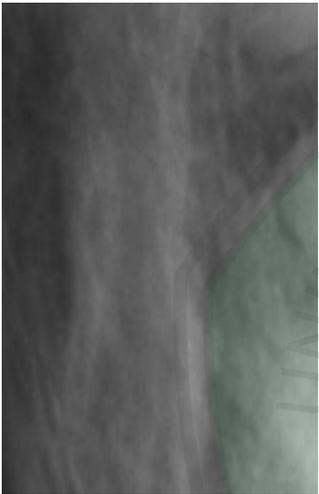
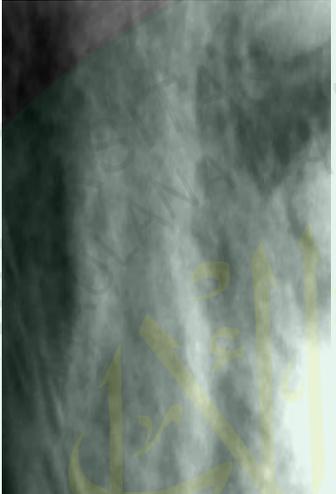
10	037- L.tiff				
11	039- R.tiff				

12	039- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

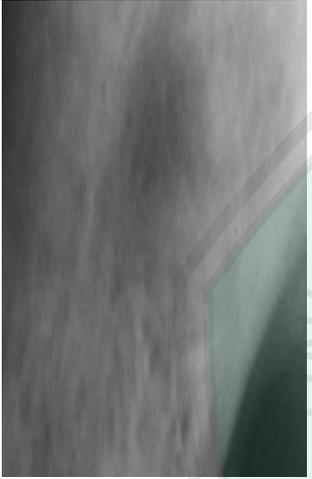
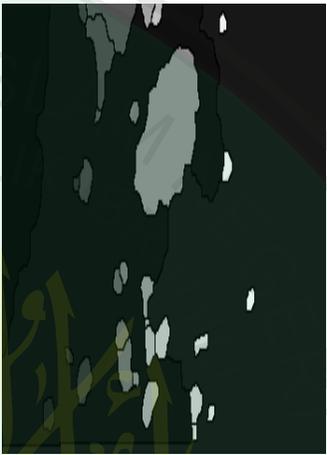


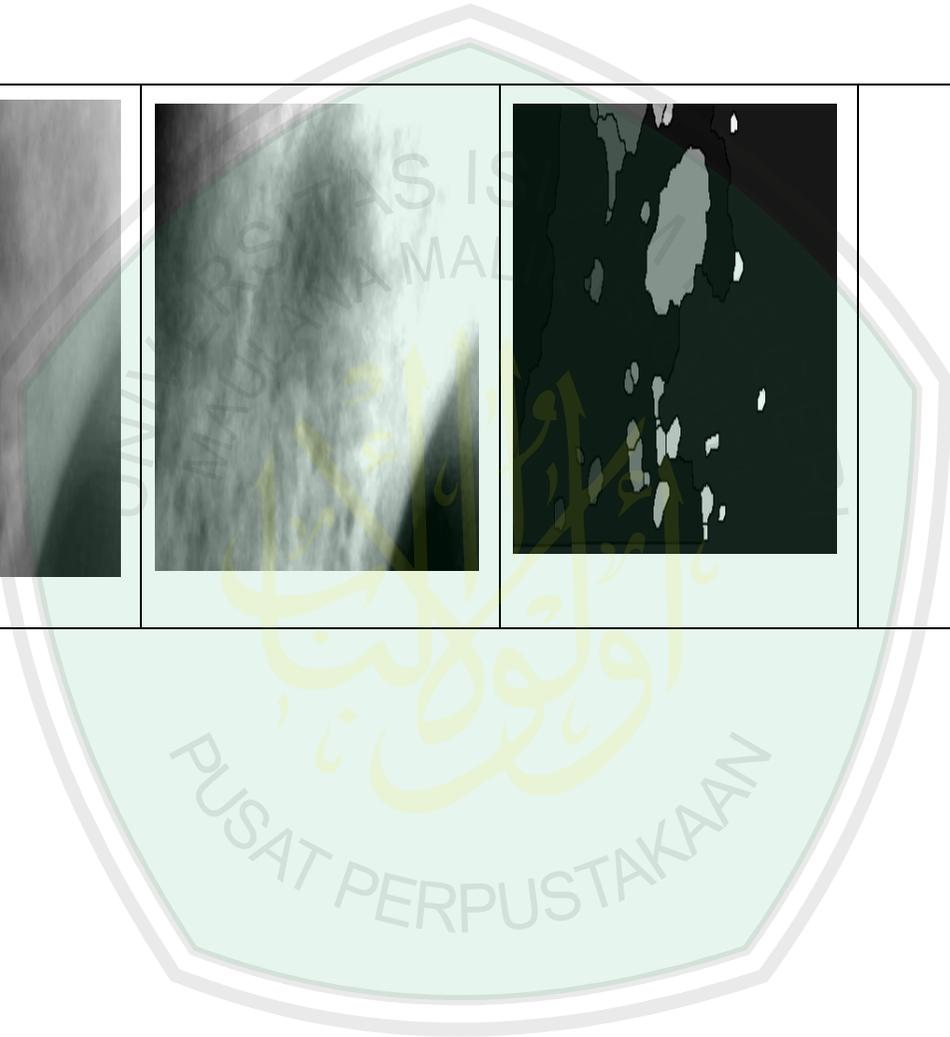
13	040- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

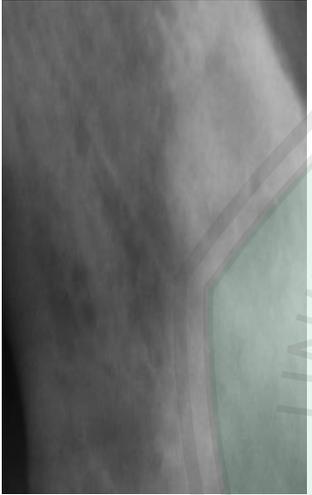
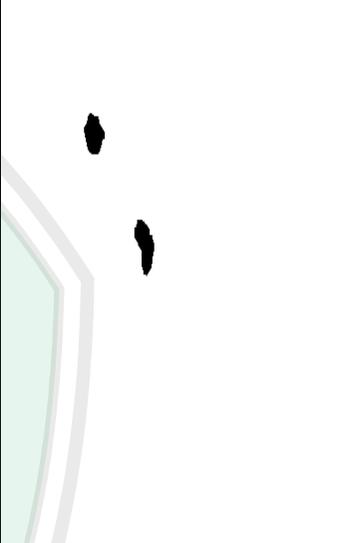
PUSAT PERPUSTAKAAN

14	040- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

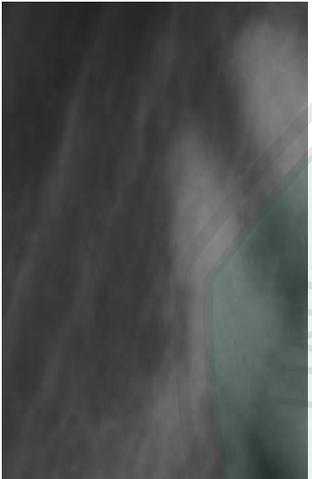
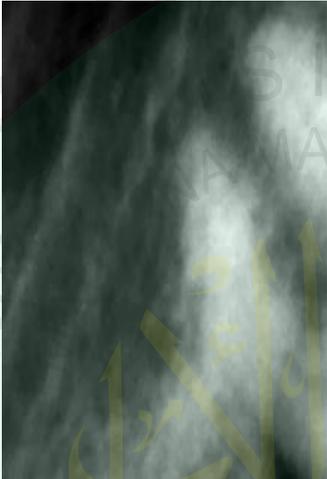
PUSAT PERPUSTAKAAN

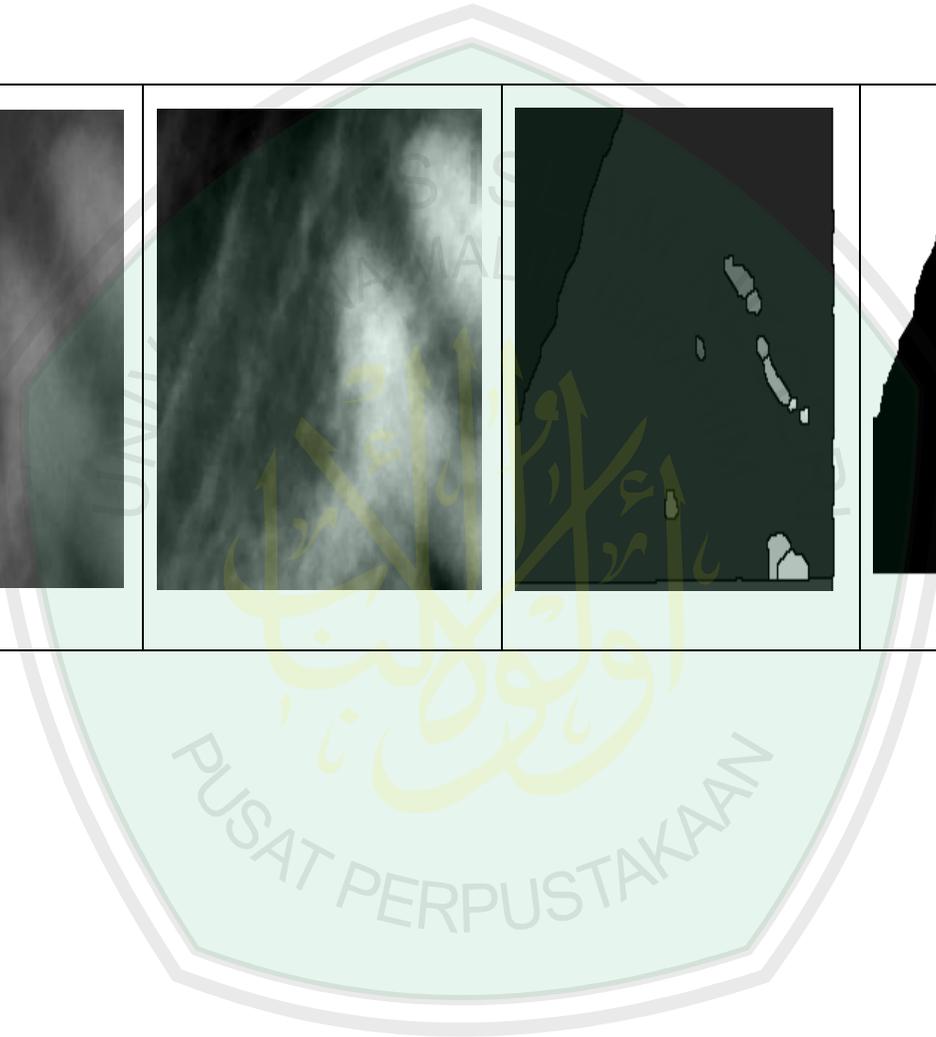
15	041- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

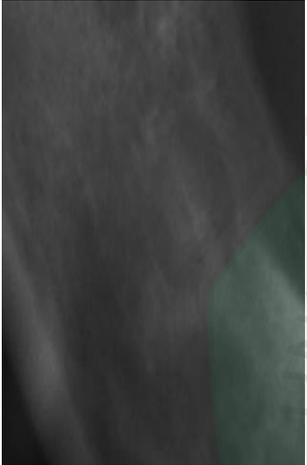
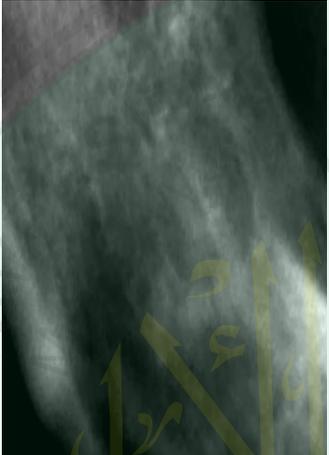
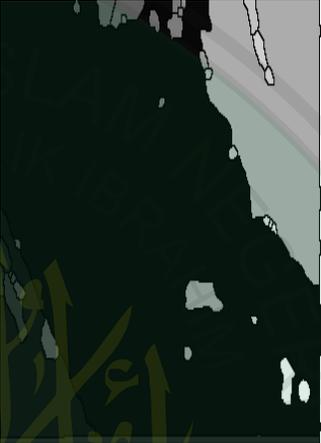


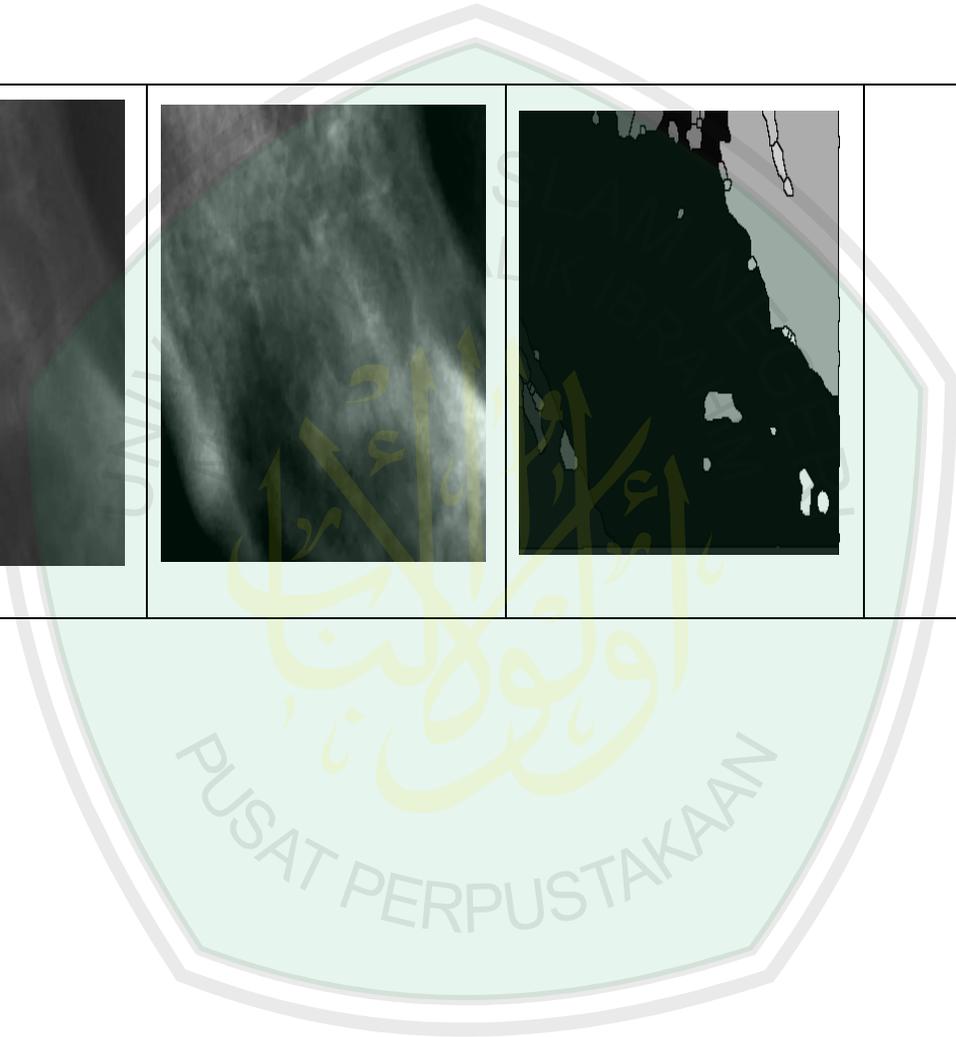
16	041- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

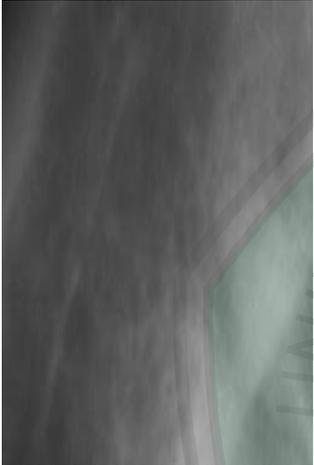
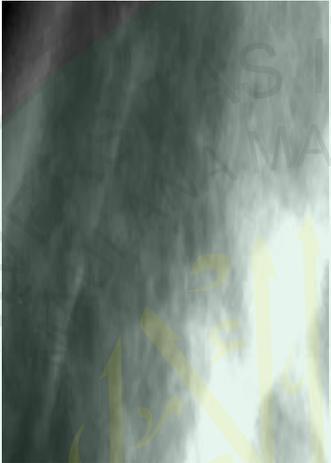
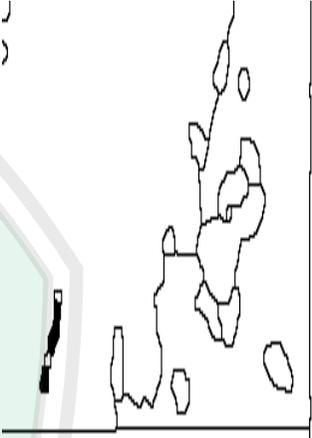
PUSAT PERPUSTAKAAN

17	045- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

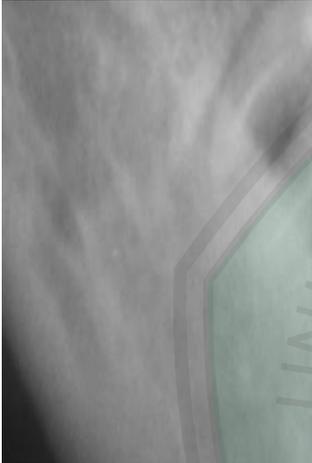


18	045- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

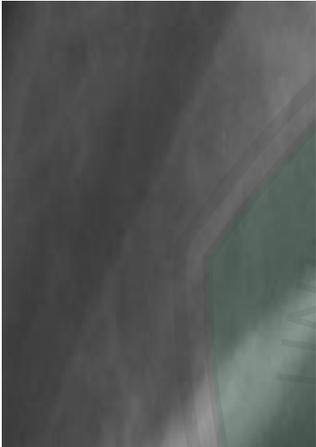


19	046- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

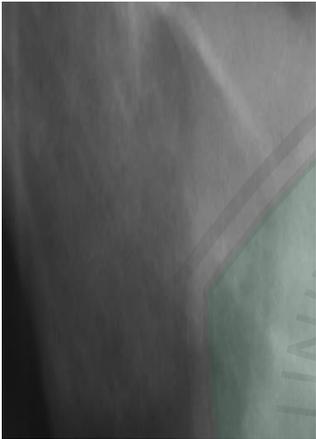
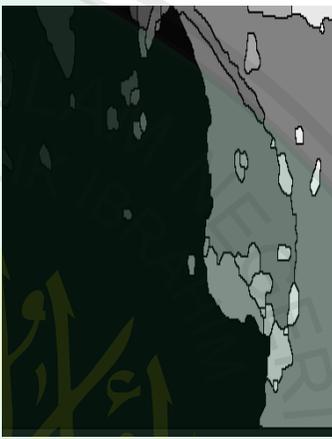
PUSAT PERPUSTAKAAN

20	046- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

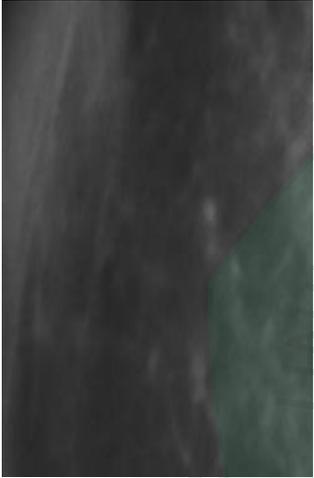
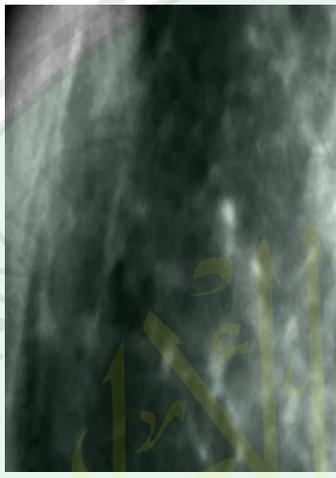


21	047- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

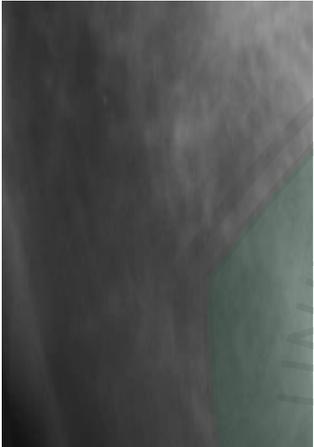
PUSAT PERPUSTAKAAN

22	047- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

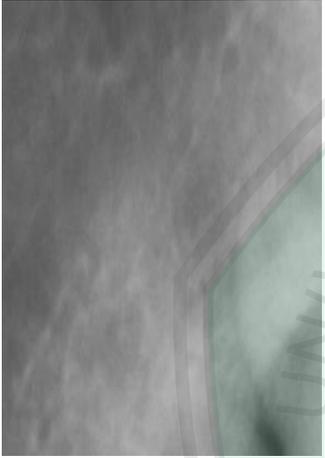


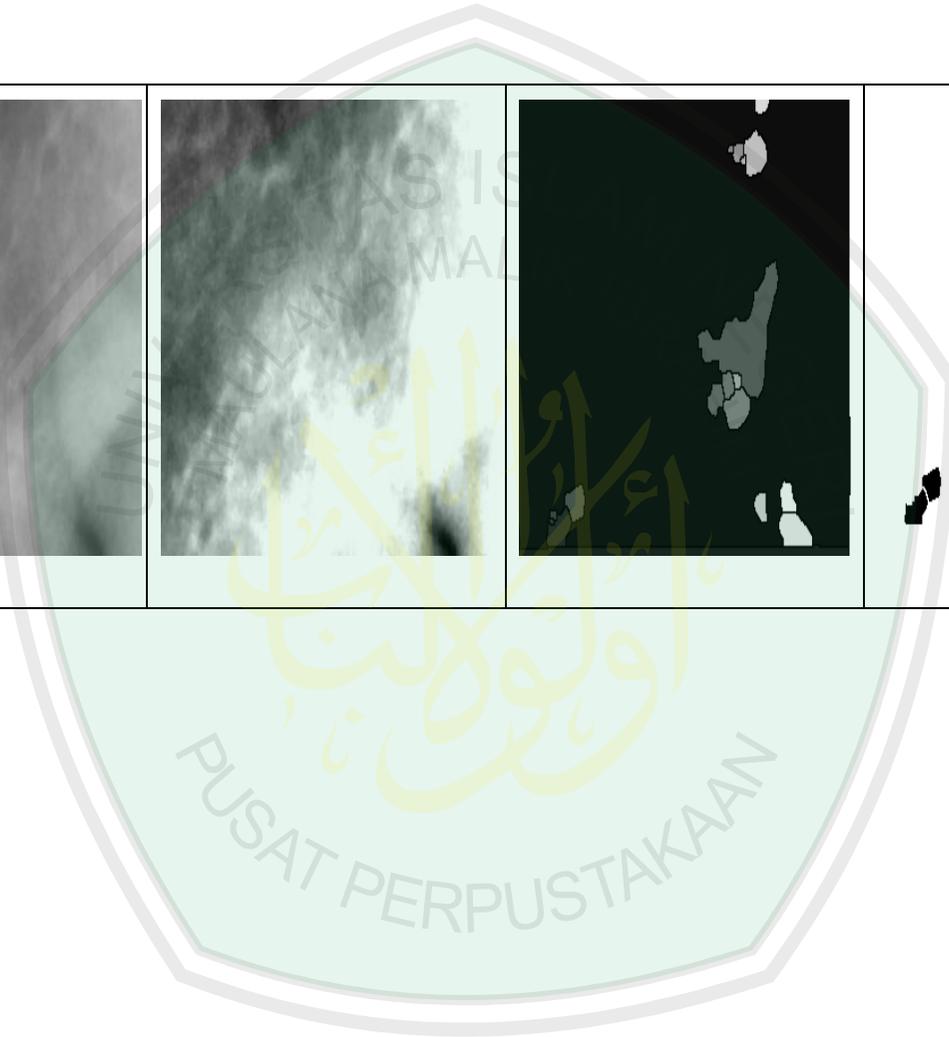
23	049- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

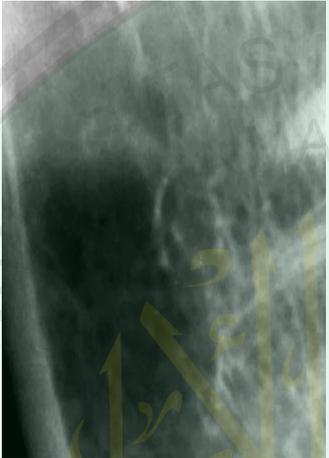
PUSAT PERPUSTAKAAN

24	049- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

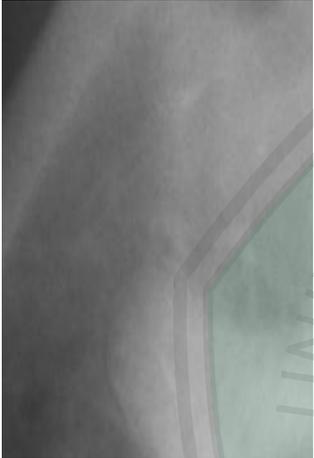
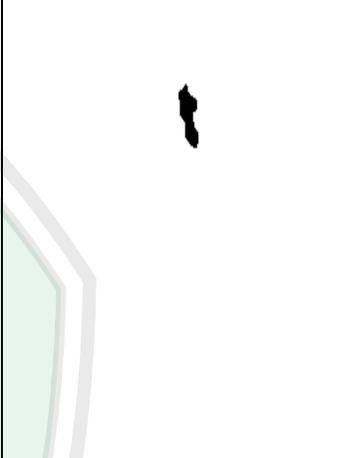
PUSAT PERPUSTAKAAN

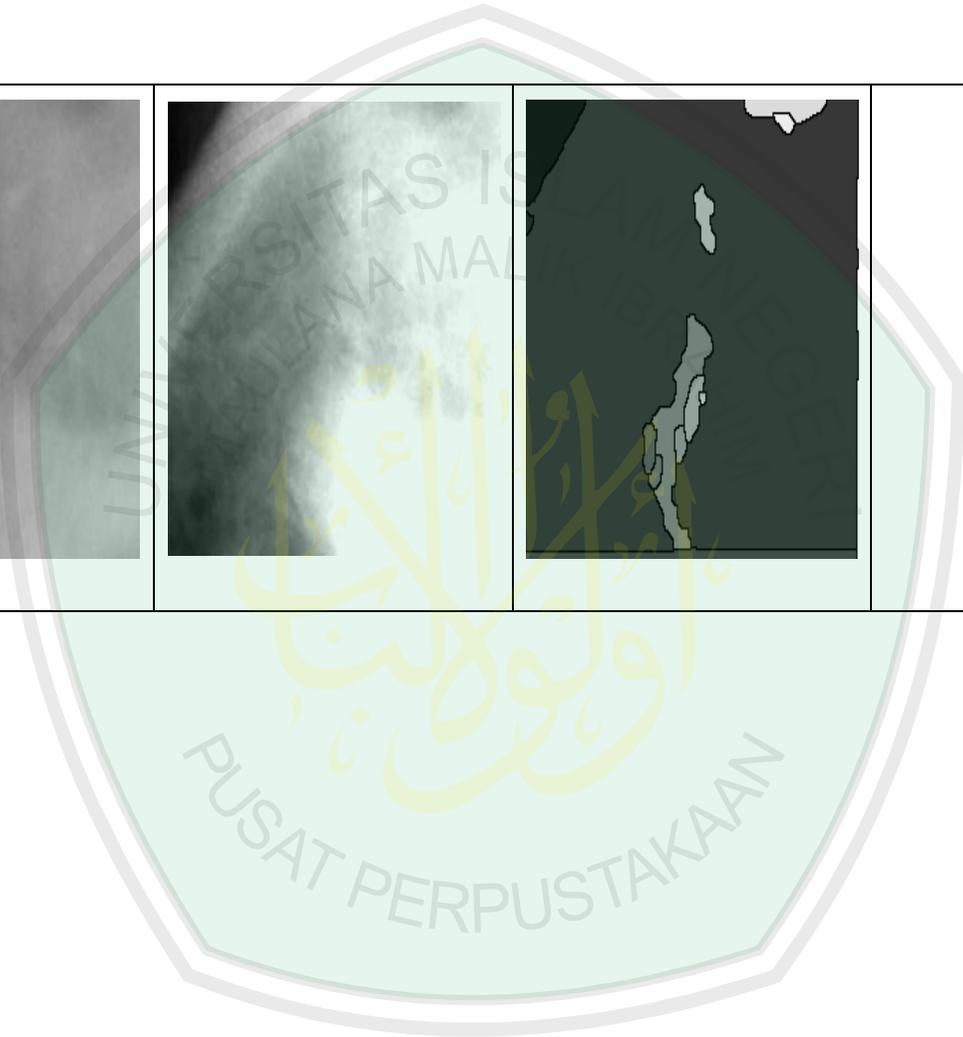
25	050- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

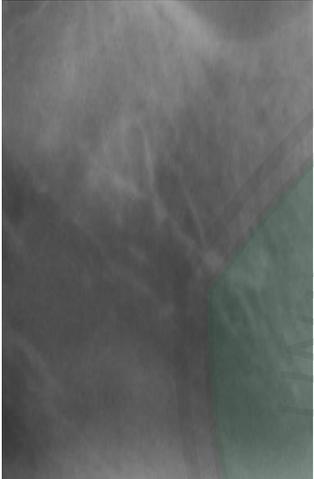
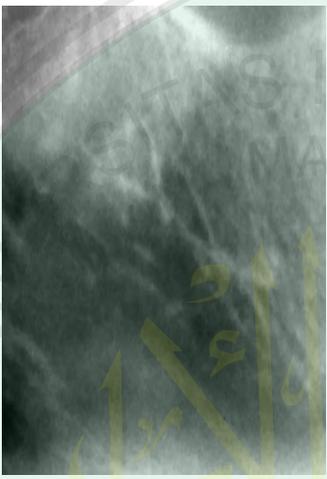
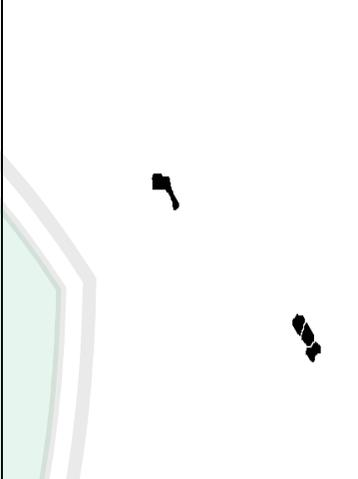


26	050- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

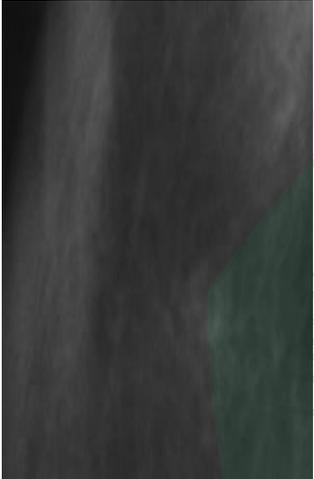
PUSAT PERPUSTAKAAN

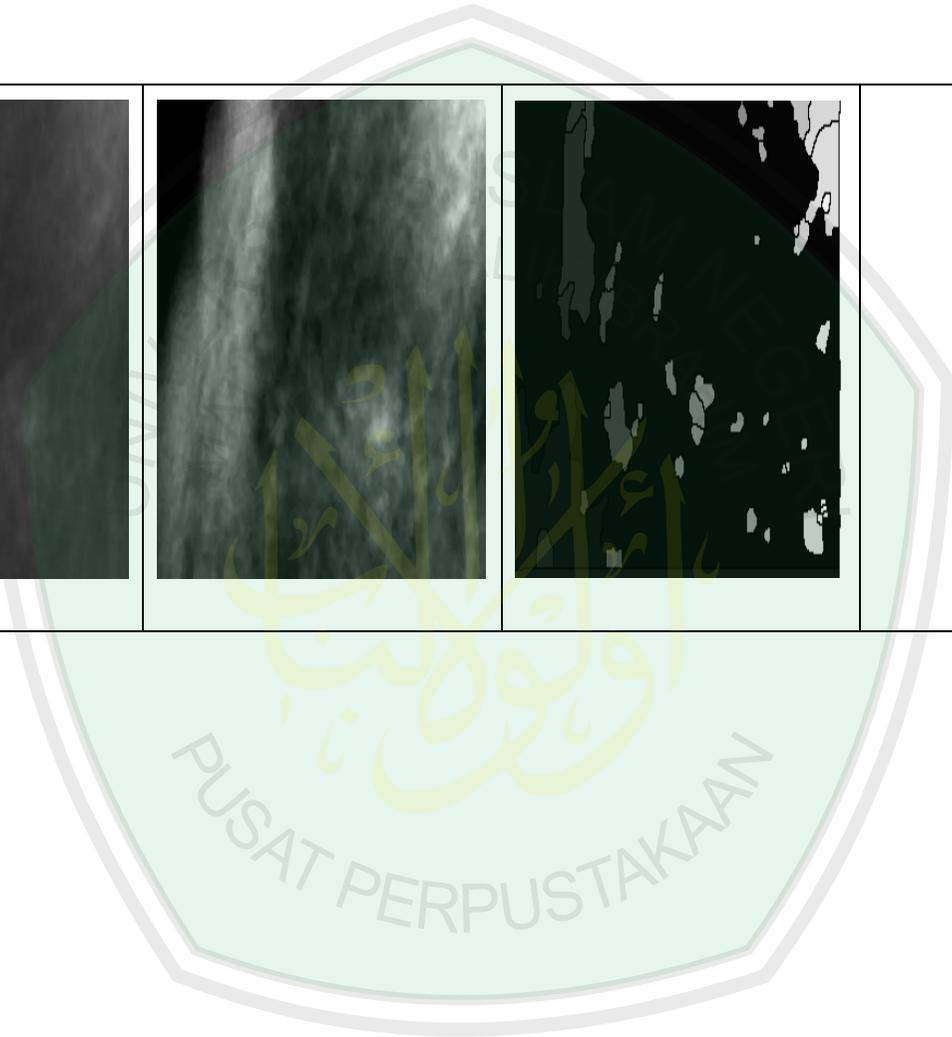
27	056- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

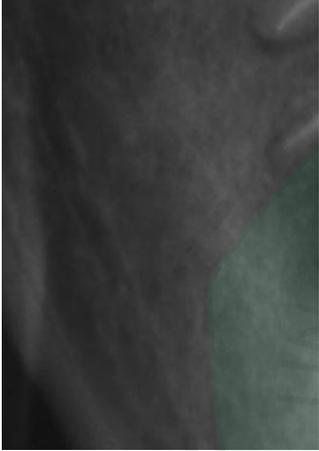
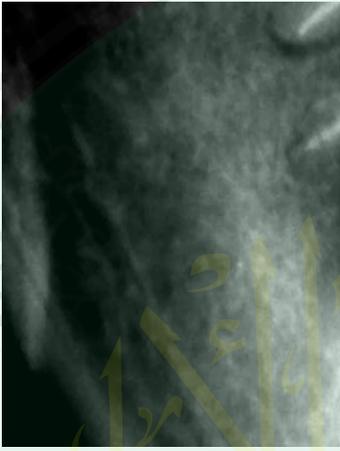


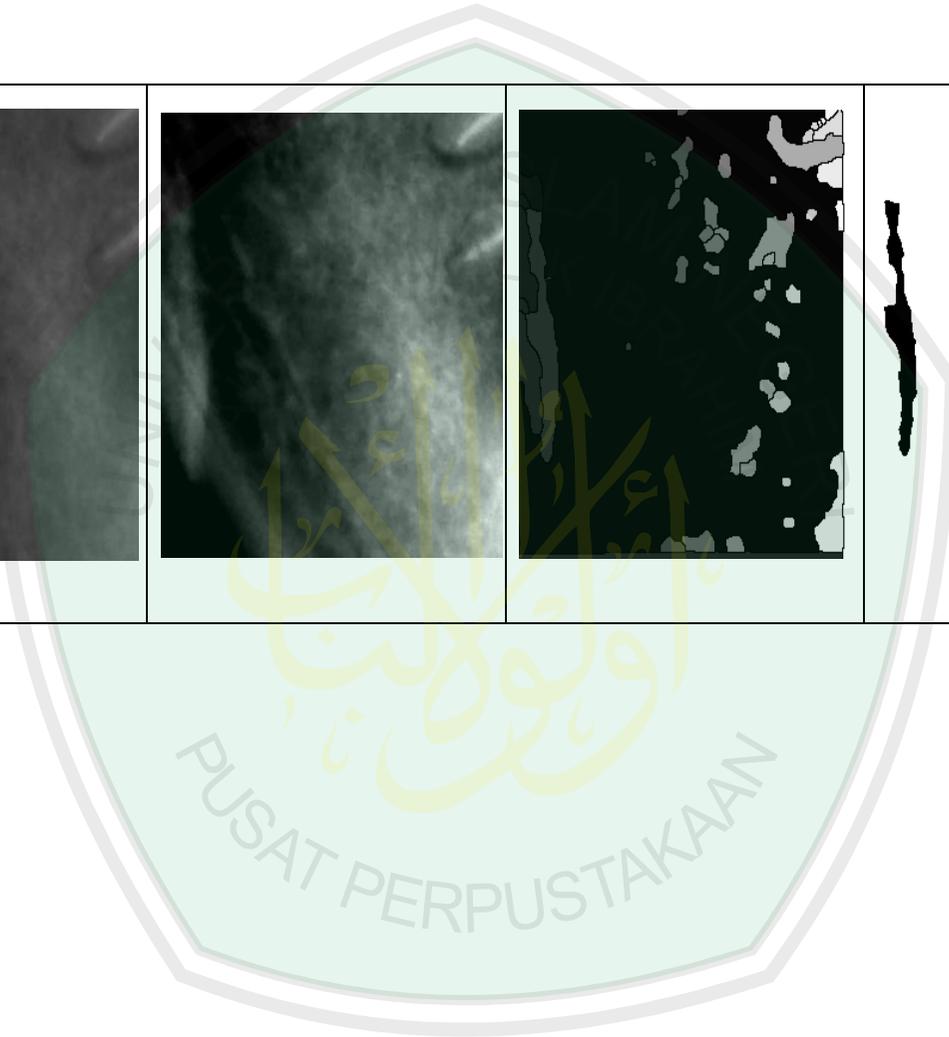
28	056- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

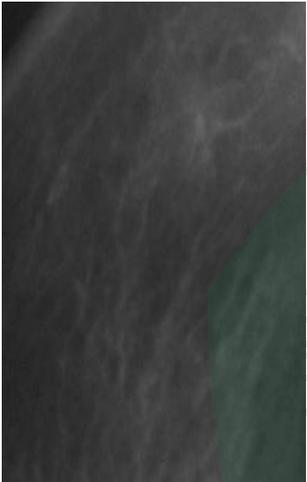
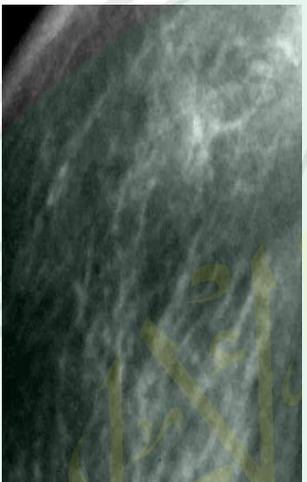
PUSAT PERPUSTAKAAN

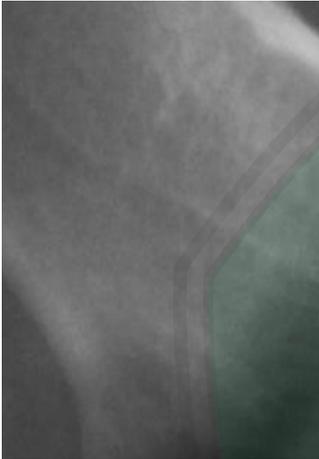
29	059- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

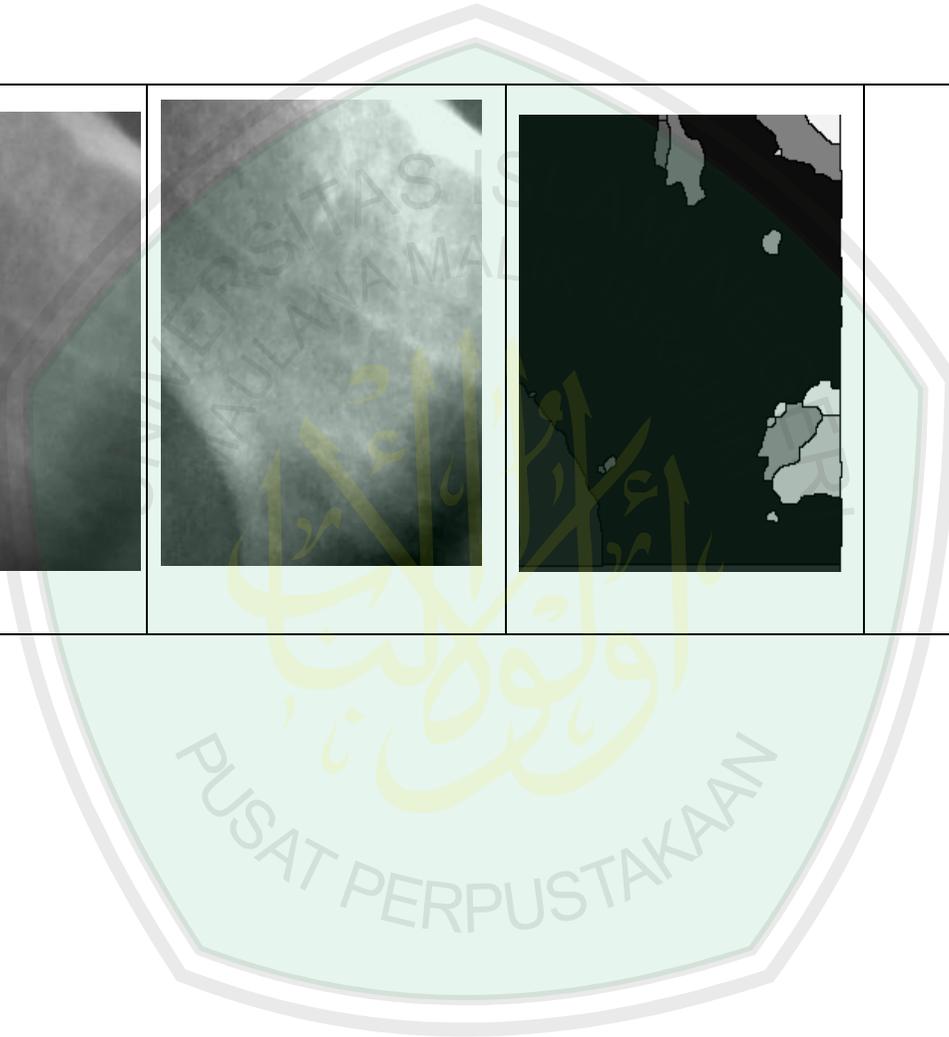


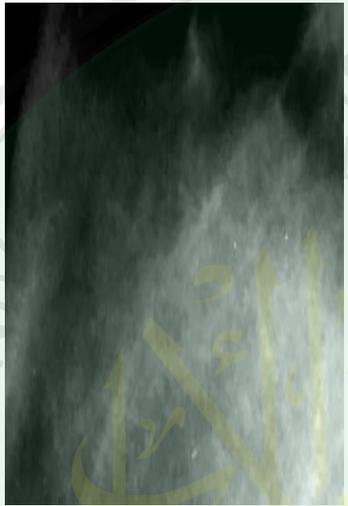
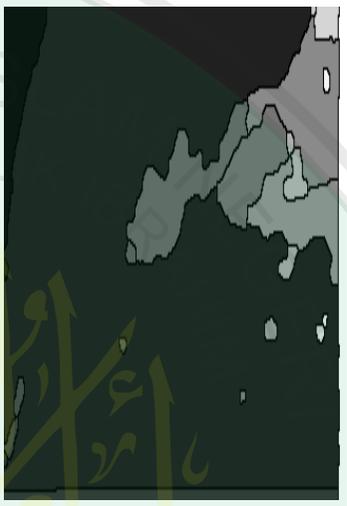
30	059- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---



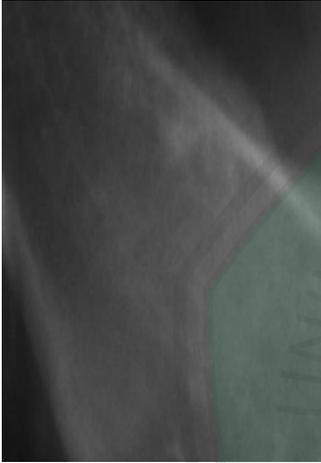
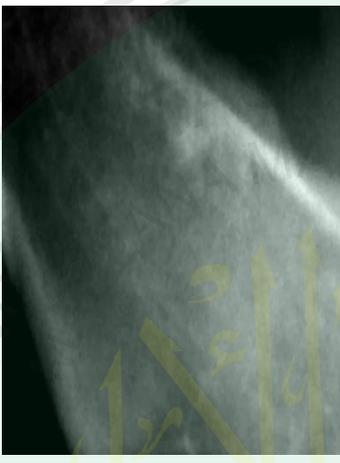
31	061- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

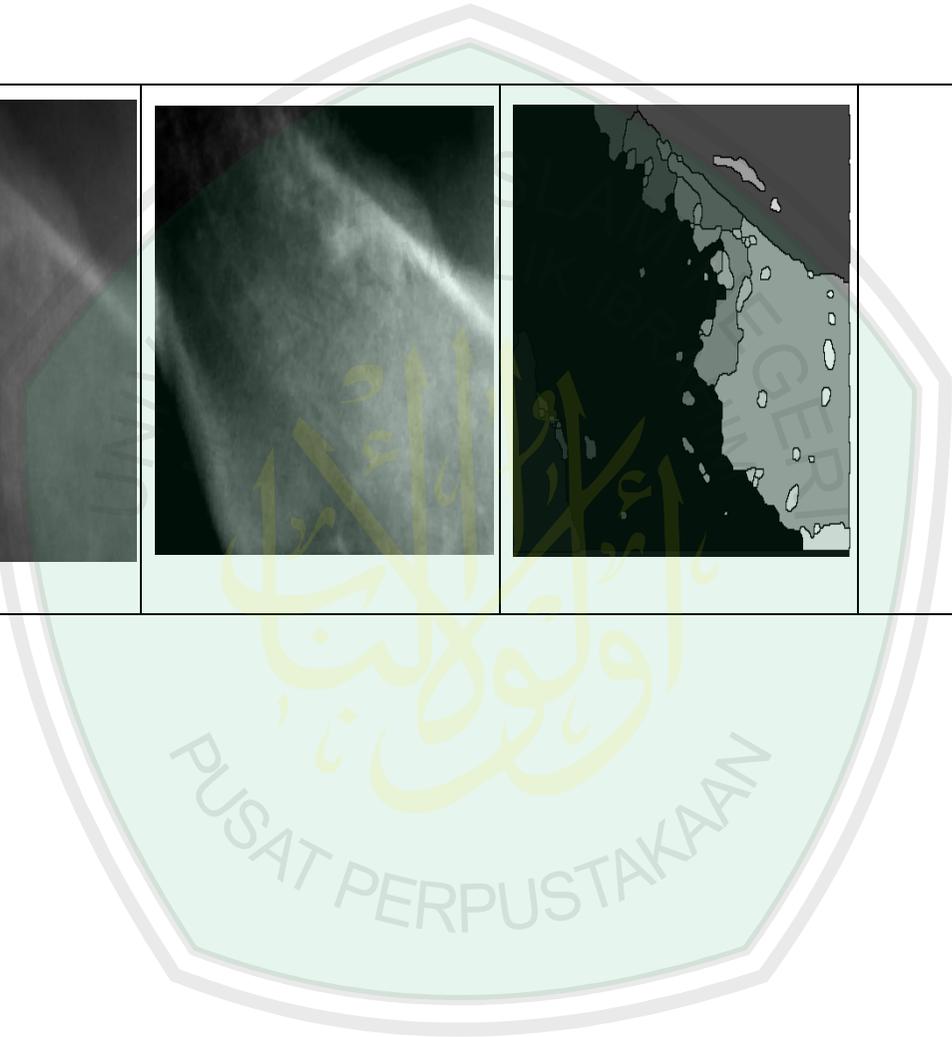
32	061- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

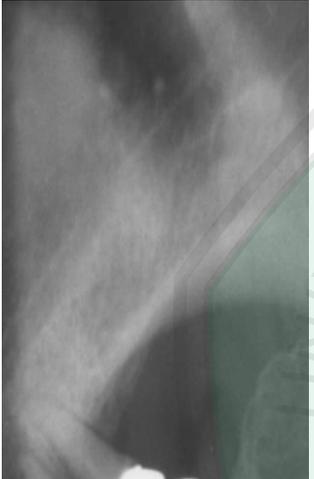
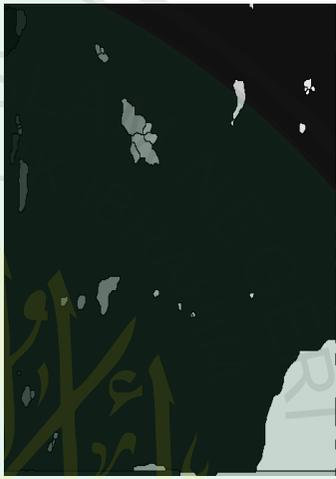


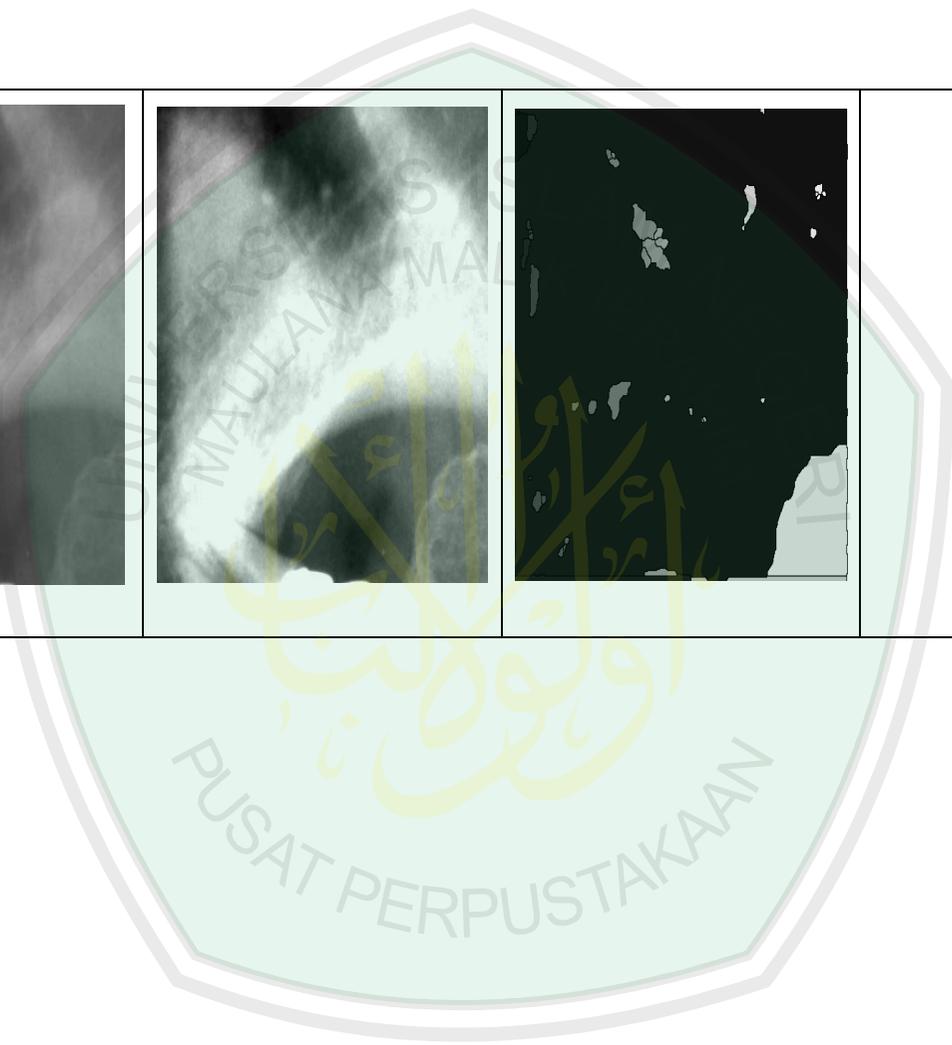
33	062- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

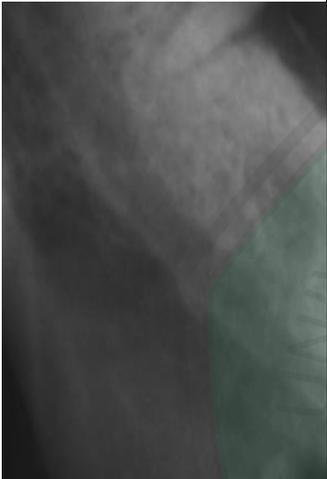
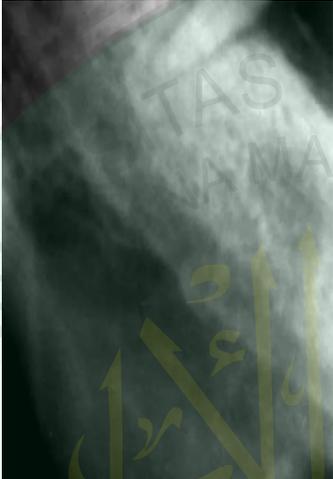
PUSAT PERPUSTAKAAN

34	062- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---



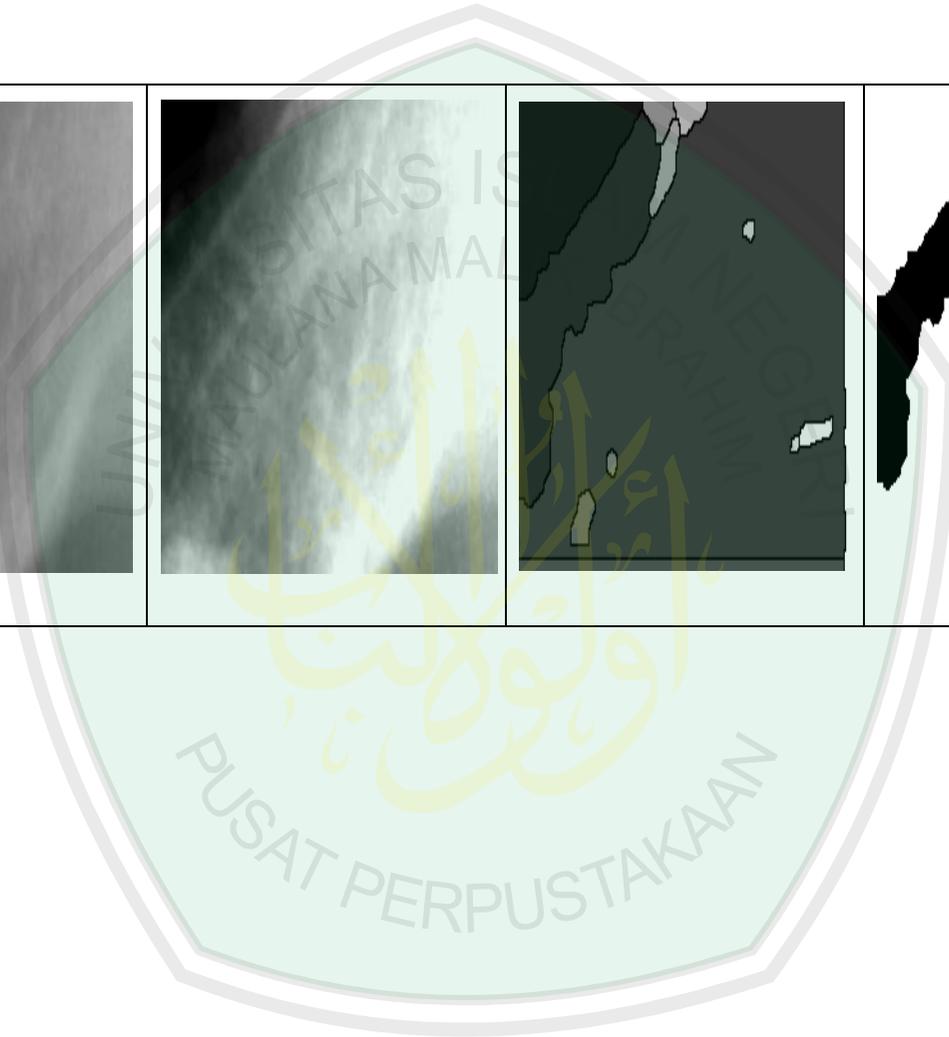
35	064.R-tiff				
----	------------	---	--	---	---

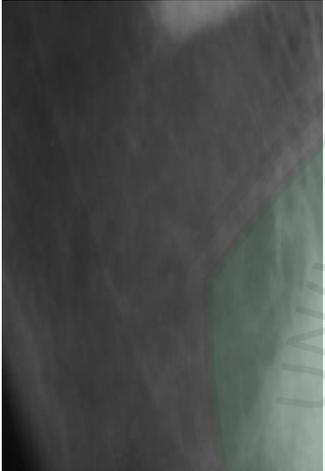
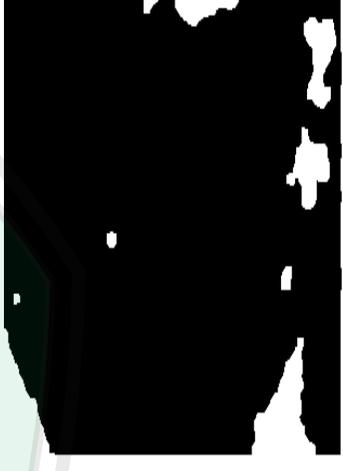


36	064- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

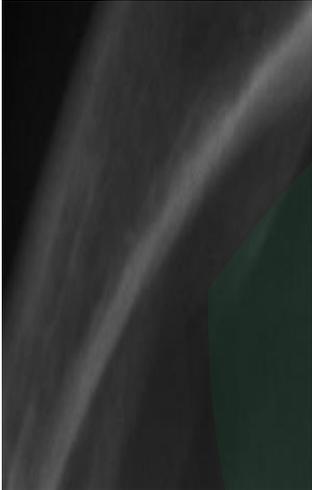


37	068- R.tiff				
----	----------------	--	--	--	--

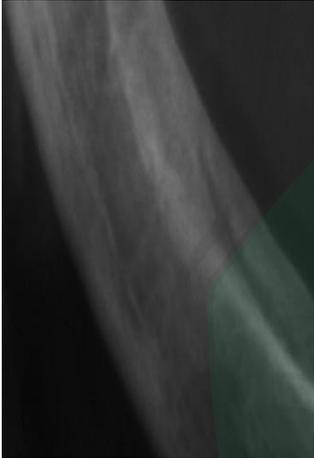
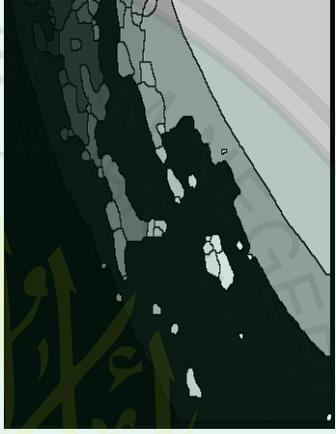


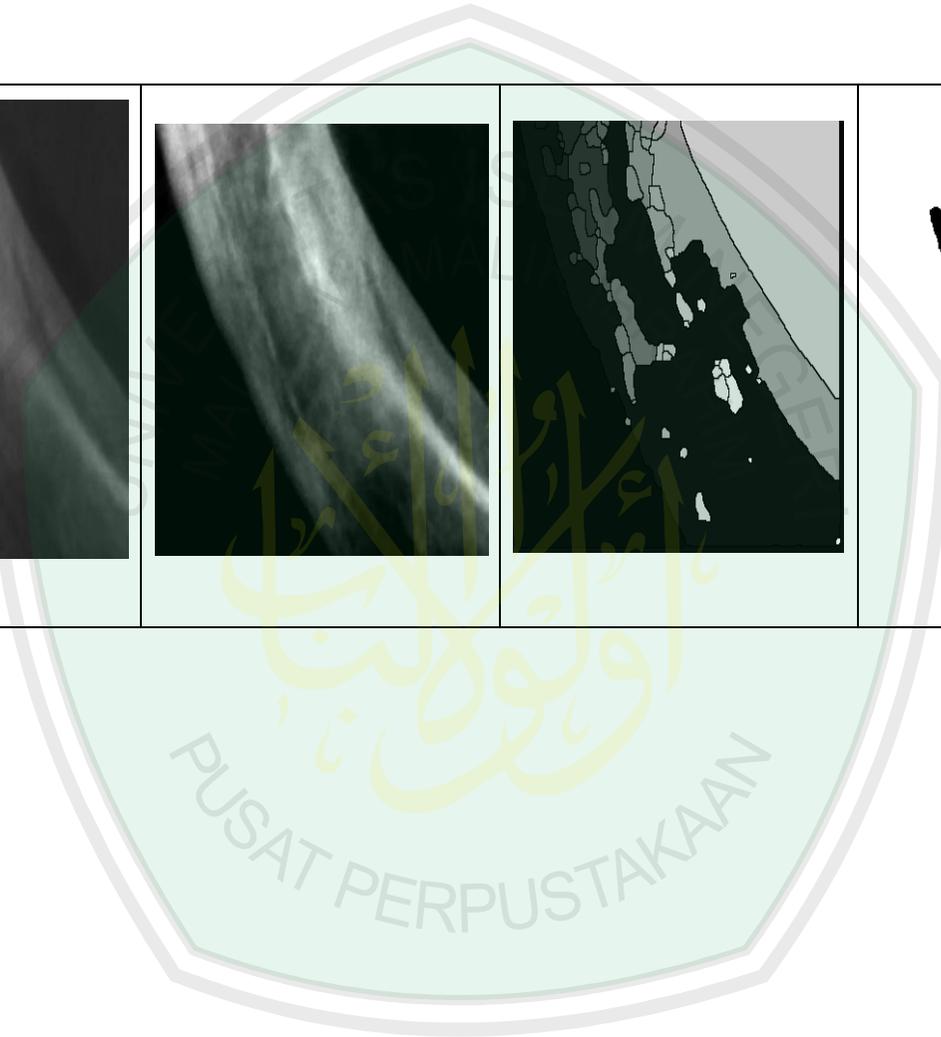
38	068- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

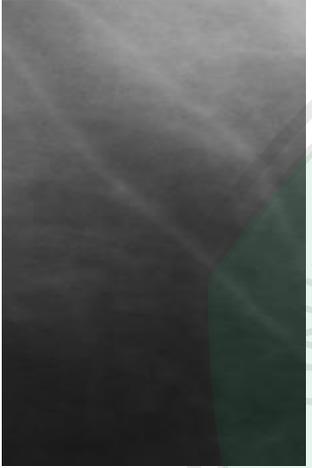
پوستة  
PUSAT PERPUSTAKAAN

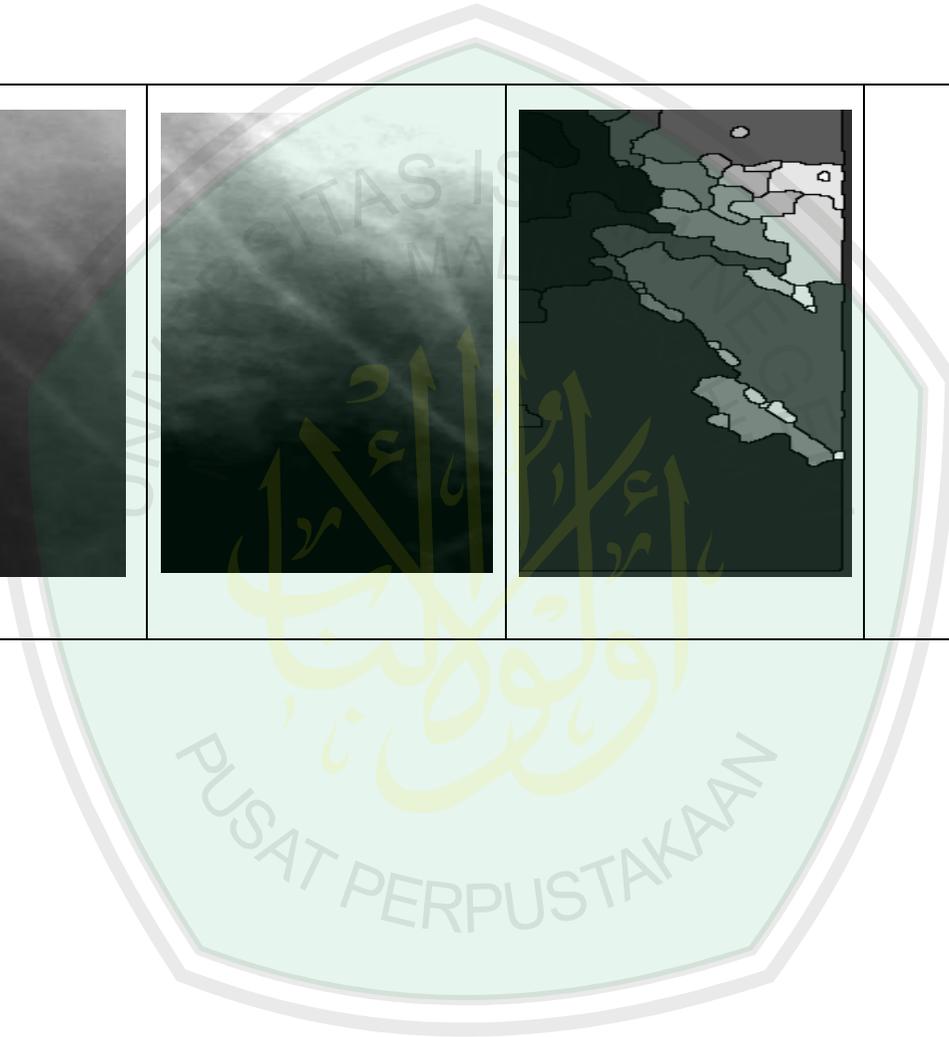
39	069- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---



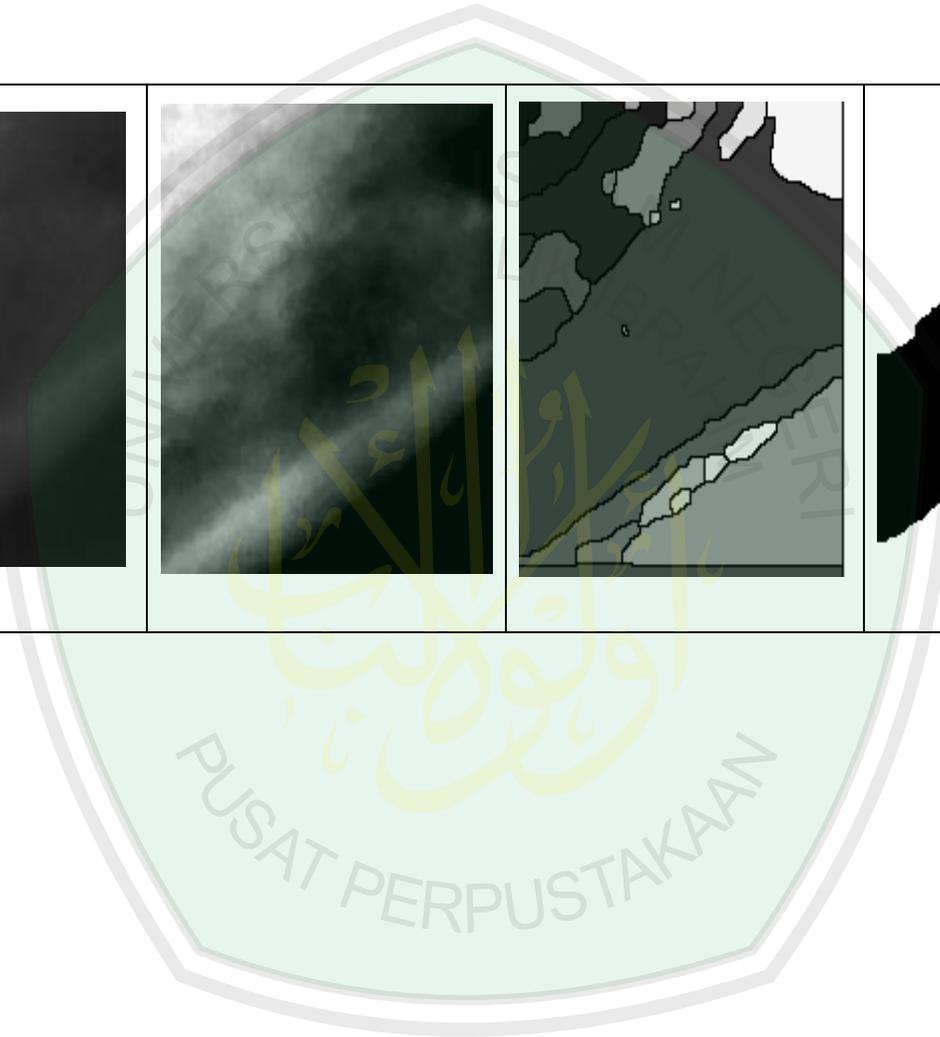
40	069- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

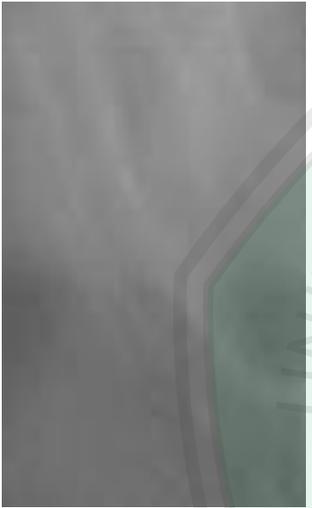
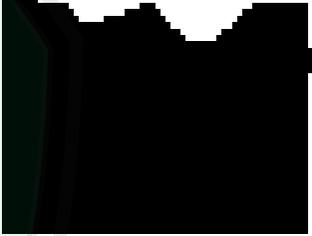


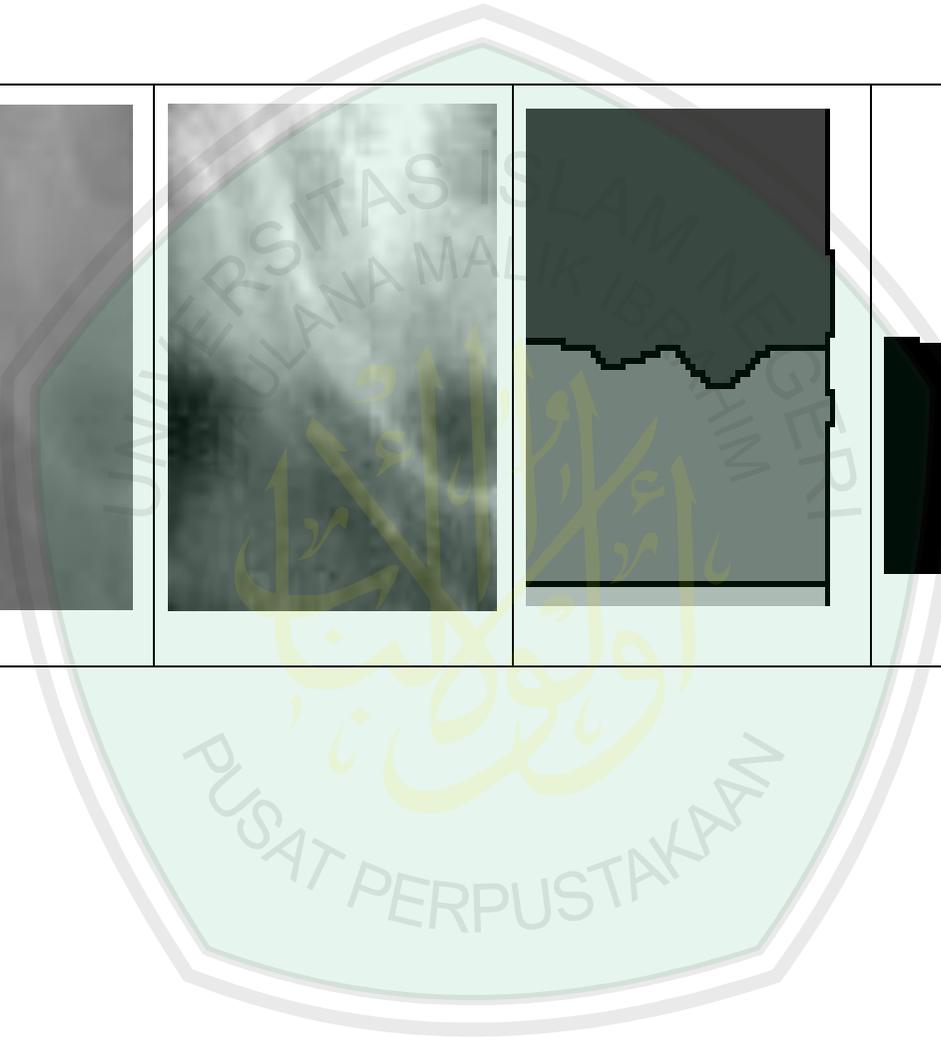
41	092- R.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

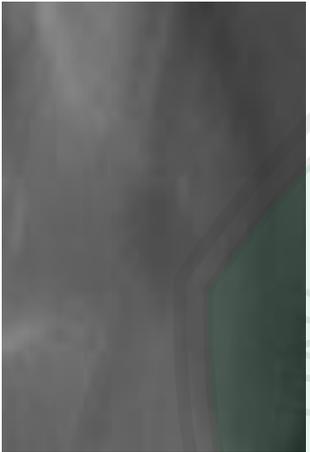
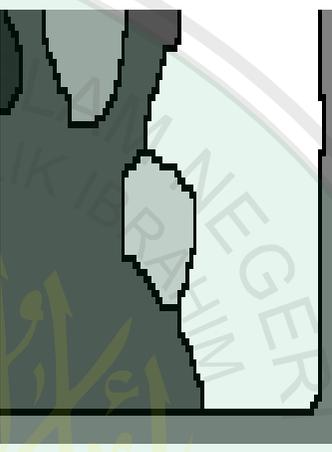


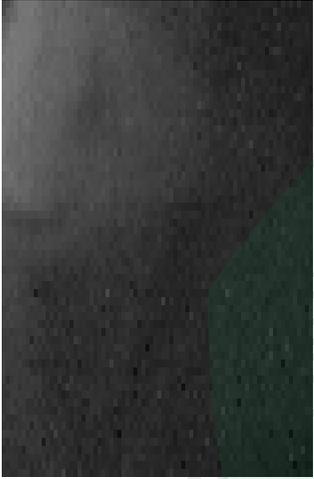
42	092- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

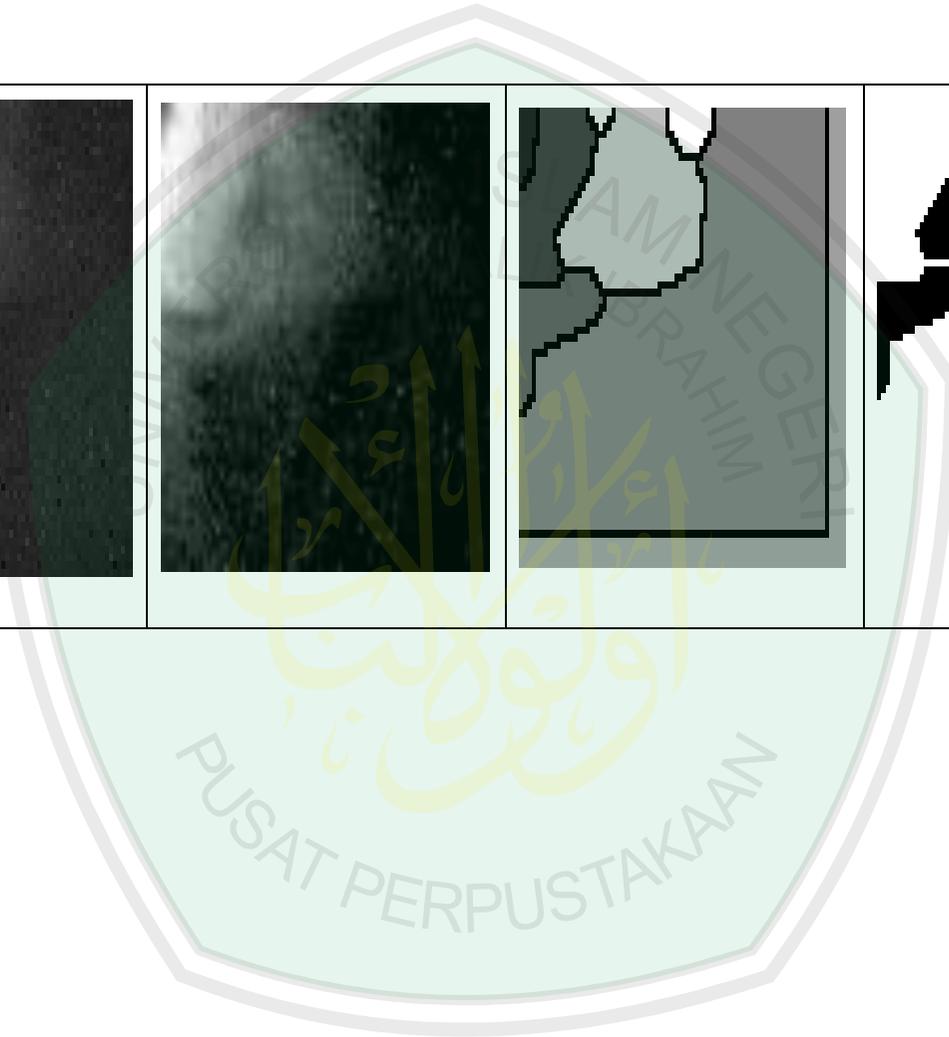


43	DPR14- R.tiff				
----	------------------	---	--	---	---



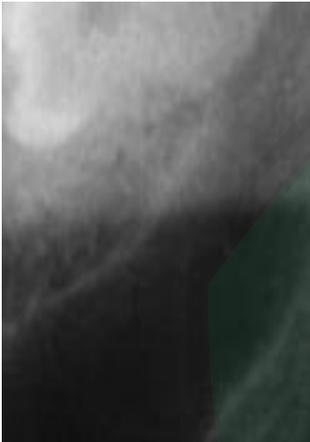
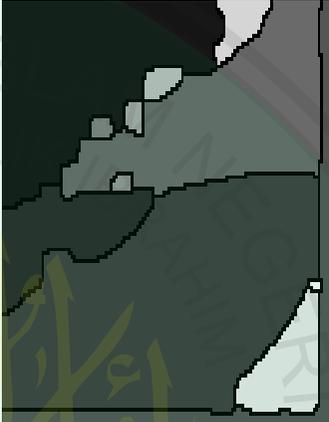
44	DPR14- L.tiff				
45	DPR15- R.tiff				

46	DPR15- L.tiff				
----	------------------	---	--	---	---



47	L- DPR01.ti fff				
----	-----------------------	---	--	---	---

PUSAT PERPUSTAKAAN

48	R-DPR01.tif ff				
49	063-R.tif				

50	063- L.tiff				
----	----------------	---	--	---	---

