

**PENINGKATAN KUALITAS CITRA *DENTAL PANORAMIC*  
*RADIOGRAPH* PADA TULANG MANDIBULA  
MENGUNAKAN *MULTI-HISTOGRAM*  
*EQUALIZATION***

**SKRIPSI**

Oleh:

**IDA FITRIANA**

**NIM: 09650087**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2014**

**HALAMAN PENGAJUAN**

**PENINGKATAN KUALITAS CITRA *DENTAL PANORAMIC*  
*RADIOGRAPH* PADA TULANG MANDIBULA  
MENGUNAKAN *MULTI-HISTOGRAM*  
*EQUALIZATION***

**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:  
IDA FITRIANA  
NIM: 09650087**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2014**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENINGKATAN KUALITAS CITRA *DENTAL PANORAMIC*  
*RADIOGRAPH* PADA TULANG MANDIBULA  
MENGUNAKAN *MULTI-HISTOGRAM*  
*EQUALIZATION***

**SKRIPSI**

**Oleh :**

Nama : Ida Fitriana  
NIM : 09650087  
Jurusan : Teknik Informatika  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah Disetujui, 07 April 2014

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**RIRIEN KUSUMAWATI, M.Kom**  
NIP. 19720309 200501 2 002

**ZAINAL ABIDIN, M.Kom**  
NIP. 19760613 200501 1 004

Mengetahui,  
**Ketua Jurusan Teknik Informatika**

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

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENINGKATAN KUALITAS CITRA *DENTAL PANORAMIC*  
*RADIOGRAPH* PADA TULANG MANDIBULA  
MENGUNAKAN *MULTI-HISTOGRAM*  
*EQUALIZATION***

**SKRIPSI**

**IDA FITRIANA  
NIM. 09650087**

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

Tanggal, 10 April 2014

<b>Susunan Dewan Penguji</b>	<b>Tanda Tangan</b>
1. Penguji Utama : <u>Dr. Cahyo Crysdian</u> NIP. 19740424 200901 1 008	( )
2. Ketua : <u>Dr. M. Amin Hariyadi, MT</u> NIP. 19670118 200501 1 001	( )
3. Sekretaris : <u>Ririen Kusumawati, M.Kom</u> NIP. 19720309 200501 2 002	( )
4. Anggota : <u>Zainal Abidin, M.Kom</u> NIP. 19760613 200501 1 004	( )

Mengetahui,  
**Ketua Jurusan Teknik Informatika**

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

## MOTTO

*“Allah tidak akan memberi cobaan pada manusia melebihi dari kemampuannya, dan sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan.”*

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٥﴾

“Karena Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Al-Insyiroh : 5)

## PERSEMBAHAN



*Dengan menyebut Asma-Mu yang Agung, syukurku akan segala karunia-Mu, shalawat serta salam kepada Muhammad ﷺ kekasih-Mu,*

*Ya Allah, semoga setiap langkah kuselalu Engkau ridhoi dengan segala rahmat-Mu*

---

*Karya ini saya persembahkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan karya ini*

*Bapak Matasam dan Ibu Karminten,  
Orang tua hebat yang selalu menyayangi dan mengasihiku  
Dalam setiap langkah hidupku.*

*Saudara-saudaraku Miftakhul Jannah, Nur Kholis, dan Nur Kholim  
yang selalu menyemangatiku.*

*Dosen Pembimbing yang telah membimbing dalam pengerjaan skripsi,  
Jeman, rekan dan Sahabatku UIN Malang,  
Khususnya teman-teman jurusan Teknik Informatika 2009,*

*Teman-teman osteoporosis 2009, Devi Arum Sari, David Aziz  
Chusyairi, dan Kost Sunan Drajad 3.  
Kepada setiap orang yang telah membantu*

*Terimakasih.*

**SURAT PERNYATAAN**  
**ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Ida Fitriana  
NIM : 09650087  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika  
Judul Penelitian : Peningkatan Kualitas Citra *Dental Panoramic Radiograph* Pada Tulang Mandibula Menggunakan *Multi-Histogram Equalization*

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, 4 April 2014  
Yang Membuat Pernyataan,

Ida Fitriana  
09650087

## KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT, karena atas rahmat, hidayah serta karuniaNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Peningkatan Kualitas Citra *Dental Panoramic Radiograph* pada Tulang Mandibula Menggunakan *Multi-Histogram Equalization*” dengan sebaik-baiknya sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi Teknik Informatika jenjang Strata-1 Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

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

Penulis menyadari adanya banyak keterbatasan yang penulis miliki, sehingga ada banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materiil dalam menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu dengan segenap kerendahan hati patutlah penulis menyampaikan doa dan mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ririen Kusumawati M.Kom dan Bapak Zainal Abidin M.Kom selaku dosen pembimbing I dan II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, mengarahkan, serta memberikan saran, kemudahan dan kepercayaan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.

2. Totok Chamidy M.Kom, selaku dosen wali yang telah membimbing, menasehati, dan memberikan saran ketika penulis mengalami kesulitan dalam proses perkuliahan dari semester awal hingga semester akhir.
3. Prof. DR. H. MudjiaRahardjo, M.Si, selaku rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
4. Dr. Hj. Bayyinatul Muchtaromah., drh.,M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam NegeriMaulana Malik Ibrahim Malang.
5. Dr. Cahyo Crysdiان selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam NegeriMaulana Malik Ibrahim Malang.
6. Segenap sivitas akademika Jurusan Teknik Informatika, terutama seluruh dosen, terimakasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
7. Untuk segenap keluarga besar dan kerabat penulis. Terimakasih atas dukungan moral maupun spiritual sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga skripsi ini menjadi khasanah keputakaan baru yang akan memberikan manfaat bagi semua pihak. Amin Ya Rabbal Alamin.

Malang, 4 April 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
MOTTO .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
HALAMAN PERNYATAAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
ABSTRAK .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
مستخلص البحث .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4

1.6	Metodologi Penelitian .....	5
1.7	Sistematika Penulisan .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....		8
2.1	Tulang .....	8
2.1.1	Tulang Mandibula .....	9
2.2	<i>Dental Panoramic Radiograph</i> .....	10
2.3	Pengolahan Citra .....	12
2.3.1	Peningkatan Kualitas Citra.....	13
2.4	<i>Multi-Histogram Equalization</i> .....	15
2.4.1	Melakukan Dekomposisi <i>Multi-Histogram</i> .....	16
2.4.2	<i>Threshold</i> .....	17
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM .....		20
3.1	Perancangan Perangkat Keras.....	20
3.2	Perancangan Perangkat Lunak .....	21
3.3	Deskripsi Sistem .....	22
3.3.1	Input Citra.....	23
3.3.2	Proses <i>Grayscale</i> .....	24
3.3.3	Proses Pemecahan Gambar.....	26
3.3.4	<i>Multi-Histogram Equalization</i> .....	28
3.3.5	<i>Threshold</i> .....	29
3.3.6	<i>Watershed</i> .....	30
3.3.7	Akurasi, Presisi, dan <i>Recall</i> .....	30
3.4	Desain Sistem .....	31

3.4.1 Desain Data Sistem .....	31
3.4.2 Desain Proses Sistem.....	32
3.5 Perancangan Antarmuka.....	33
3.6 Studi kasus .....	35
3.7 Implementasi Aplikasi.....	54
3.7.1 Implementasi Citra <i>Grayscale</i> .....	54
3.7.2 Implementasi <i>Split Image</i> .....	56
3.7.3 Implementasi <i>Multi-Histogram Equalization</i> .....	58
3.7.4 Implementasi <i>Thresholding</i> .....	60
3.7.5 Implementasi <i>Merge Image</i> .....	61
3.7.6 Implementasi <i>Watershed</i> .....	63
3.7.7 Implementasi <i>Burple Sort Descending</i> .....	64
3.7.8 Implementasi akurasi , presisi, <i>recall</i> .....	66
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	69
4.1 Langkah-langkah Uji Coba.....	69
4.2 Hasil Uji Coba.....	70
4.3 Pembahasan .....	70
4.4 Integrasi Metode <i>Multi-Histogram Equalization</i> dengan <i>Al-qur'an</i> .....	76
BAB V PENUTUP.....	78
5.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA .....	79
LAMPIRAN.....	81

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai piksel dari image studi kasus .....	35
Tabel 3.2 Perhitungan <i>discrepancy image (histeq)</i> pada <i>sub-image j=1</i> .....	36
Tabel 3.3 Perhitungan <i>discrepancy image (histeq)</i> pada <i>sub-image j=2</i> .....	38
Tabel 3.4 Perhitungan <i>discrepancy image (histeq)</i> pada <i>sub-image j=3</i> .....	39
Tabel 3.5 Perhitungan <i>discrepancy image (histeq)</i> pada <i>sub-image j=4</i> .....	41
Tabel 3.6 Perhitungan <i>discrepancy image (histeq)</i> pada <i>sub-image j=5</i> .....	42
Tabel 3.7 Perhitungan <i>discrepancy image (histeq)</i> pada <i>sub-image j=6</i> .....	43
Tabel 3.8 Perhitungan <i>discrepancy image (histeq)</i> pada <i>sub-image j=7</i> .....	44
Tabel 3.9 Perhitungan <i>discrepancy image (histeq)</i> pada <i>sub-image j=8</i> .....	46
Tabel 3.10 Perhitungan nilai probabilitas pada <i>sub-image j=1</i> .....	48
Tabel 3.11 Perhitungan jumlah kumulatif.....	49
Tabel 3.12 Perhitungan perhitungan rata-rata kumulatif.....	50
Tabel 3.13 Perhitungan rata-rata intensitas global.....	51
Tabel 3.14 Perhitungan nilai varians antar kelas.....	52
Tabel 3.15 Perhitungan separability measurement.....	53
Tabel 3.16 Perhitungan nilai piksel setelah threshold.....	54
Tabel 4.1 Hasil uji coba kelompok normal.....	71
Tabel 4.2 Hasil uji coba perhitungan akurasi, presisi, dan <i>recall</i> dengan menggunakan metode MHE dan tanpa metode MHE pada kelompok normal .....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Dental panoramic radiograph</i> .....	2
Gambar 2.1 Rahang atas dan rahang bawah, maxilla, dan mandibula preparat usia 20 tahun .....	9
Gambar 2.2 <i>Dental panoramic radiograph.</i> ....	12
Gambar 2.3 . Hasil percobaan a). gambar original; b). <i>Histogram Equalization</i> ; c). <i>Multi-histogram Equalization k=5</i> ; d). <i>Multi-histogram Equalization k=6</i> .....	19
Gambar 3.1 Blok diagram proses peningkatan kualitas citra .....	22
Gambar 3.2 (a) citra asli sebelum proses pemotongan, (b) pemotongan citra mandibula padabagian kiri, (c) pemotongan citra mandibula pada bagian kanan.....	23
Gambar 3.3 Flowchart <i>input citra</i> .....	24
Gambar 3.4 Proses <i>grayscale</i> citra.....	25
Gambar 3.5 Flowchart <i>grayscale</i> .....	26
Gambar 3.6 Proses <i>split</i> gambar menjadi 8 <i>sub-gambar</i> .....	27
Gambar 3.7 Flowchart <i>split image</i> .....	28
Gambar 3.8 Flowchart <i>Multi-Histogram Equalization</i> .....	29
Gambar 3.9 Antarmuka perangkat lunak .....	33
Gambar 3.10 <i>Image</i> yang dipakai untuk perhitungan manual.....	35
Gambar 3.11 Antarmuka proses <i>grayscale</i> .....	55
Gambar 3.12 <i>Sourcecode</i> konversi <i>grayscale</i> .....	55
Gambar 3.13 <i>Sourcecode grayscale</i> pada kelas <i>skripsi.java</i> .....	56

Gambar 3.14 Antarmuka <i>split image</i> .....	57
Gambar 3.15 <i>Sourcecode split image</i> .....	58
Gambar 3.16 <i>Sourcecode multi-histeq</i> .....	59
Gambar 3.17 Antarmuka <i>thresholding</i> pada <i>image</i> kecil.....	60
Gambar 3.18 <i>Sourcecode thresholding</i> .....	61
Gambar 3.19 Antarmuka proses <i>merge image</i> .....	62
Gambar 3.20 <i>Sourcecode merge image</i> .....	62
Gambar 3.21 Antarmuka <i>watershed</i> .....	63
Gambar 3.22 <i>Sourcecode watershed</i> .....	64
Gambar 3.23 Antarmuka pengurutan <i>region</i> .....	64
Gambar 3.24 <i>Sourcecode</i> pengurutan <i>region</i> .....	66
Gambar 3.25 Antarmuka proses akurasi, presisi, dan <i>recall</i> .....	66
Gambar 3.26 <i>Sourcecode</i> perhitungan <i>tn, tp, fn, dan fp</i> .....	67
Gambar 3.27 <i>Sourcecode</i> proses akurasi, presisi, dan <i>recall</i> .....	68
Gambar 4.1 Hasil uji coba.....	70

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Data citra hasil uji coba pada tulang mandibula kelompok normal menggunakan metode MHE.....	81
---	----



## ABSTRAK

Fitriana, Ida. 2014. **Peningkatan Kualitas Citra *Dental Panoramic Radiograph* pada Tulang Mandibula menggunakan *Multi-Histogram Equalization*.** Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Pembimbing: (I) Ririen Kusumawati, M.Kom (II) Zainal Abidin, M.Kom

---

---

Kata kunci : Tulang Mandibula, Osteoporosis, *Dental Panoramic Radiograph*, *Multi-histogram Equalization*, *Thresholding*, *Watershed*.

Tulang mandibula merupakan tulang rahang pembentuk wajah yang paling besar, berat dan kuat. Adanya hubungan antara kepadatan mineral tulang mandibula dengan bagian kerangka lain yang umumnya digunakan untuk densitometry tulang dalam mendeteksi osteoporosis. Penelitian ini meningkatkan kualitas citra *Dental Panoramic Radiograph* pada tulang mandibula dengan mengambil bagian tulang mandibula dan akar gigi. Memisahkan akar gigi dengan tulang mandibula untuk mendapatkan bagian tulang mandibula secara utuh. Metode yang digunakan yaitu *Multi-Histogram Equalization* dengan melakukan dekomposisi *image* menjadi beberapa *sub-images*, menerapkan *histogram equalization* dan *threshold* pada setiap *sub-image* agar peningkatan citra maksimal. Peneliti menggunakan metode segmentasi tambahan yaitu metode transformasi *watershed*. Hasil uji coba dilakukan dengan menggunakan metode *Multi-Histogram Equalization* dan tanpa metode. Kinerja metode *Multi-Histogram Equalization* untuk menunjang aplikasi ini memiliki akurasi, presisi, dan *recall* sebesar 79.48%, 92.37%, dan 27.64% saat *image split* 4. Sedangkan uji coba tanpa menggunakan metode *Multi-Histogram Equalization* memiliki akurasi, presisi, dan *recall* sebesar 59.89%, 100%, dan 0.5%.

## ABSTRACT

Fitriana, Ida. 2014. **The development of Dental Panoramic Radiograph Citra Quality in Mandibula Bone Using Multi-Histogram Equalization.** Informatics Technique Department Science and Technology Faculty Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang, Advisor: (1) Ririen Kusumawati, M. Kom (II) Zainal Abidin, M. Kom

---

Key words: Mandibula Bone, Osteoporosis, *Dental Panaramic Radiograph*, *Multi-Histogram Equalization*, *Thresholding*, *Watreshed*.

Mandibula bone is the largest face shaper of jaw bone, heavy and strong. There is a relationship between mineral dense of mandibula bone and other sekeleton that generally used for bone densitometry in osteoporosis detection. This research improves the image quality of Dental Panoramic Radiograph in mandibular bone by taking part mandibular bone and tooth root. Separating the roots of teeth with mandibular bone to get the parts intact. The method used is Multi-Histogram Equalization to perform image decomposition into multiple sub-images, histogram equalization and threshold apply to each sub-image so that the maximum image enhancement. Researchers using additional segmentation method is the method of watershed transformation. The trial results were calculated using the Multi-Histogram Equalization and without method. Performance Multi-Histogram to support these applications have accuracy, precision, and recall of 79.48%, 92.37%, and 27.64% when the split image 4. While testing without using the Multi-Histogram Equalization has accuracy, precision, and recall of 59.89%, 100%, and 0.5%.

## مستخلص البحث

فطريانا، إيدا. 2014. تحسين جودة الصورة صورة شعاعية بانورامية الأسنان في عظم الفك السفلي باستخدام الرسم البياني متعددة تكافؤ. قسم تقنيات المعلوماتية. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. تحت الإشراف: (1) ريرين كوسوماواتي الماجستير (2) زين العابدين الماجستير.

الكلمة الرئيسية: عظم الفك السفلي، هشاشة العظام، صورة شعاعية بانورامية الأسنان، الرسم البياني متعددة تكافؤ، مستوى العتبة، نقطة تحول.

عظم الفك السفلي هو عظم الفك تشكيل وجه كبيرة وثقيلة وقوية. هناك العلاقة بين كثافة المعادن في عظام الفك السفلي وهيكل عظمي آخر عموماً يستخدمها لقياس كثافة العظم في الكشف عن هشاشة العظام. هذا البحث يحسن من جودة الصورة من صورة شعاعية بانورامية الأسنان في الفك السفلي العظام من خلال المشاركة العظام والفك السفلي جذور الأسنان. فصل جذور الأسنان مع عظم الفك السفلي عظم الفك السفلي للحصول على أجزاء سليمة. الطريقة المستخدمة هي معادلة متعددة الرسم البياني لأداء التحلل الصورة الى عدة صور من الباطن، وتكافؤ الرسم البياني عتبة تنطبق على كل صورة، دون حتى أن الحد الأقصى لتحسين الصورة. الباحثون باستخدام طريقة تجزئة إضافية هو الأسلوب التحول مستجمعات المياه. تم حساب نتائج التجارب باستخدام الرسم البياني متعدد معادلة ودون الأسلوب. طريقة أداء متعدد الرسم البياني إيكواليسازين لدعم هذه التطبيقات لديها دقة، والدقة، ونذكر من 79,48%، 92,37%، 27,64% وعند انقسام صورة 4. بينما الاختبار دون استخدام متعدد الرسم البياني معادلة لديه دقة، والدقة، ونذكر من 59,89%، 100%، و 0,5%.

## BAB I

### PENDAHULUAN

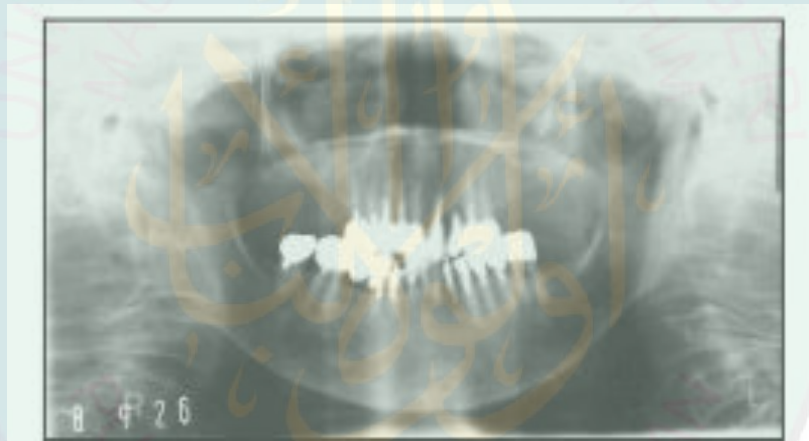
#### 1.1 Latar Belakang

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 (Nanik, 2009).

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 (Nanik, 2009). Salah satu penyakit yang sering menyerang pada tulang rapuh atau keropos yaitu osteoporosis.

Osteoporosis dijuluki *silent epidemic disease*, karena menyerang secara perlahan-lahan, tanpa adanya tanda-tanda khusus, sampai penderita mengalami patah tulang (Kemenkes, 2008). Osteoporosis merupakan penyakit yang kebanyakan diketahui di saat usia tua. Seseorang dengan osteoporosis biasanya akan memberikan keluhan atau gejala dengan berkurangnya tinggi badan, bungkuk atau bentuk tubuh berubah, patah tulang, dan nyeri bila ada patah tulang. (Hans Tandra. 2009).

Penelitian tentang osteoporosis pernah dilakukan pada tulang mandibula dengan memanfaatkan pengolahan citra *dental panoramic radiograph* (DPR). DPR digunakan dalam identifikasi dan evaluasi pasien dengan *Bone Mineral Density* (BMD) rendah atau pasien osteoporosis oleh dokter gigi (Cakur B dkk, 2011). Terdapat hubungan antara kepadatan mineral tulang mandibula dengan bagian kerangka lain yang umumnya digunakan untuk densitometry tulang dalam mendeteksi osteoporosis (Horner, 1996). Kemudian penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan enam indeks dari tulang mandibula (Bozic dan Hren, 2005).



Gambar 1.1. *Dental Panoramic radiograph* (sumber : Agus Zainal.2005 )

Adapun penelitian (Arifin, 2006) menggunakan pengolahan citra pada tulang mandibula yaitu pada bagian *mental foramen* dengan melakukan *contrast stretching*. Pengolahan citra juga terdapat dalam penelitian (David Menotti: 2007), yaitu dengan melakukan peningkatan kualitas citra pada foto panorama menggunakan metode *Multi-Histogram Equalization*. Membandingkan antara metode *Histogram Equalization*, metode *Bi-histogram Equalization*, dan metode *Multi-Histogram Equalization*. Dihasilkan bahwa metode *Histogram Equalization*

menghasilkan objek alami namun tidak memproses gambar, sedangkan metode *Bi-histogram Equalization* dapat menghasilkan gambar dengan peningkatan kontras yang signifikan, hasilnya gambar tidak terlihat alami. *Multi-Histogram Equalization* diusulkan untuk mengatasi kelemahan dengan menghasilkan gambar yang jelas dan masih terlihat alami.

Pengujian terhadap gambar *Histogram Equalization*, *Bi-Histogram Equalization* dan *Multi-Histogram Equalization* menunjukkan bahwa gambar dengan *Multi-Histogram Equalization* memiliki nilai *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) yang paling besar. Semakin besar nilai PSNR, semakin baik pula hasil yang diperoleh pada tampilan citra hasil karena mendekati citra aslinya. Bagian mandibula pada citra *Dental Panoramic Radiograph* tidak terlihat dengan jelas. Oleh karena itu, peneliti menggunakan metode *Multi-Histogram Equalization* ini dalam meningkatkan kualitas citra *dental panoramic radiograph* pada tulang mandibula, agar gambar yang dihasilkan jelas dan masih terlihat alami. Kemudian hasil dari peningkatan kualitas citra dengan metode *Multi-Histogram Equalization* ini bisa digunakan untuk membantu proses pendeteksian osteoporosis sesuai dengan jurnal Zainal arifin.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Dapatkah *Multi-Histogram Equalization* digunakan sebagai metode untuk meningkatkan kualitas citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) pada tulang mandibula?

- b. Seberapa baik kemampuan metode *Multi-Histogram Equalization* dalam meningkatkan kualitas citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) pada tulang mandibula?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Membuktikan bahwa metode *Multi-Histogram Equalization* dapat digunakan sebagai metode untuk meningkatkan kualitas citra *Dental panoramic Radiograph* (DPR) pada tulang mandibula.
- b. Mengukur kemampuan metode *Multi-Histogram Equalization* dalam meningkatkan kualitas citra DPR dengan perhitungan akurasi, presisi, dan *recall*.

### 1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah membantu meningkatkan kualitas citra *dental panoramic radiograph* pada tulang mandibula.

### 1.5 Batasan Masalah

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

- a. Data diperoleh dari citra *dental panoramic radiograph*
- b. Pengambilan sample di bagian tulang mandibula dengan memotong sesuai kebutuhan
- c. Citra masukan dalam format penyimpanan \*.png

## 1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan proses peningkatan kualitas citra *dental panoramic radiograph* pada tulang mandibula menggunakan *Multi-Histogram Equalization*. Tahap pertama yang dilakukan adalah mencari dan memahami bahan-bahan pustaka yang berhubungan dengan peningkatan kualitas citra seperti *grayscale*, *histogram equalization*, *thresholding*, dan data citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) dan juga cara melakukan pengolahan citra dalam pemrograman java. Literatur yang digunakan bisa berasal dari jurnal ilmiah Teknik Informatika, buku referensi, jurnal IEEE dan internet.

Proses peningkatan kualitas citra menggunakan data-data citra *Dental Panoramic Radiograph* dari tulang mandibula yang kemudian diterapkan *grayscale* dan *Multi-Histogram Equalization* untuk mendapatkan hasil yang lebih jelas dan alami. Setelah itu dilakukan uji coba dan evaluasi pada setiap proses untuk memastikan ketepatan aplikasi yang dibuat. Langkah terakhir yaitu membuat dokumentasi pada setiap tahapnya, mulai dari perancangan sampai terbentuknya suatu sistem yang nantinya dijadikan laporan tugas akhir.

## 1.7 Sistematika Penelitian

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I Pendahuluan**

Bab pendahuluan membahas tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, metodologi penelitian dan sistematika penulisan

dalam tugas akhir. Uraian pada bab pendahuluan ini memberikan gambaran kepada pembaca terkait maksud dan tujuan dalam penelitian peningkatan kualitas citra menggunakan *Multi-Histogram Equalization*.

## **BAB II Tinjauan Pustaka**

Bab Tinjauan pustaka merupakan argumentasi ilmiah yang dipakai sebagai referensi. Bahan-bahan tinjauan pustaka dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti hasil-hasil penelitian yang telah diuji kebenarannya, jurnal penelitian, laporan penelitian, buku teks, laporan seminar, diskusi ilmiah dan terbitan-terbitan resmi pemerintah atau lembaga-lembaga lain. Pada tahap ini menjelaskan tentang teori dasar yang mendukung penulisan tugas akhir seperti citra *Dental Panoramic Radiograph*, *grayscale*, dan peningkatan kualitas citra dengan *Multi-Histogram Equalization*.

## **BAB III Analisis dan Perancangan Sistem**

Bab ini menjelaskan tentang analisis dan perancangan sistem untuk membuat aplikasi yang dapat meningkatkan kualitas citra pada tulang mandibula. Perancangan aplikasi terdiri atas perancangan proses-proses utama dan desain aplikasi yang terdiri dari desain input, desain output, desain proses, dan desain antar muka. Terdapat beberapa proses utama yaitu : pemecahan (*split image*) gambar menjadi beberapa sub-gambar, proses *histogram equalization*, proses *thresholding*, proses penggabungan *image (merge image)*, serta transformasi *watershed*.

#### **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengujian dari aplikasi yang telah dibangun. Perancangan dan desain diimplementasikan dengan bahasa pemrograman NetBeans IDE 7.0.1. Melakukan uji coba yang kemudian di paparkan dalam pembahasan hasil uji.

#### **BAB V Penutup**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran terhadap skripsi yang telah dibuat.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tulang

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. (nanik.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.

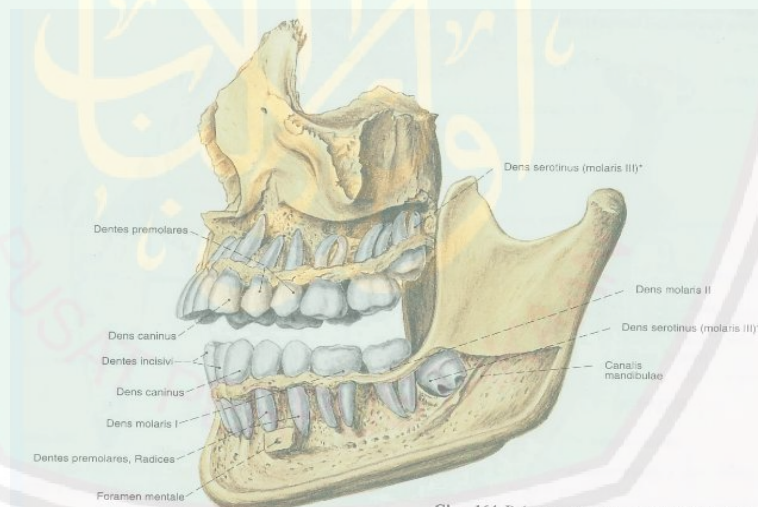
Tulang mempunyai 2 fungsi utama, yaitu fungsi metabolik dan fungsi mekanik. Fungsi metabolik adalah menyediakan cadangan ion seperti kalsium, fosfor dan magnesium, serta berperan dalam homeostasis mineral. Fungsi mekanik tulang adalah melindungi organ-organ vital, tempat melekatnya otot, menunjang gerak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

### 2.1.1 Tulang Mandibula

Tulang mandibula adalah tulang rahang pembentuk wajah yang paling besar, berat dan kuat. Walaupun mandibula merupakan tulang rahang yang kuat, tetapi ia juga sering mengalami cedera disebabkan posisinya yang menonjol pada tulang wajah. (repository.usu.ac.id).



Gambar 2.1. Rahang atas dan rahang bawah, maxilla dan mandibula preparat usia 20 tahun.

Tulang mandibula merupakan tulang rahang yang umum menerima benturan, baik yang sengaja maupun tidak sengaja. Tulang ini mempunyai peran penting dalam proses pembicaraan, mastikasi, penelanan dan juga dukungan jalan

pernafasan ( Malik Neelima Anil : 2008). Pada gambar tersebut akar gigi dapat dilihat setelah dilepaskannya dinding alveolar.

Gigi terdiri dari dua bagian besar, yaitu mahkota dan akar. Mahkota gigi diselubungi lapisan email dan akar gigi diselubungi lapisan sementum. Kedua lapisan ini bertemu pada leher gigi. Secara klinis yang tampak oleh mata adalah mahkota gigi, bagian gigi yang berada di atas area perlekatan gusi. Sedangkan yang tidak tampak oleh mata adalah akar gigi. (Pratiwi, Donna : 2007)

Analisa radiografi pada mandibula sangat membantu dalam perencanaan suatu rekonstruksi mandibula, antara lain :

- a. *Computed tomography with bone windows*
- b. Foto tiga dimensi CT
- c. Foto panoramik
- d. *Magnetic Resonance Imaging (MRI)*

## **2.2 Dental Panoramic Radiograph**

Panoramik 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/bitstream/123456789/21348/3/Chapter%20II.pdf>

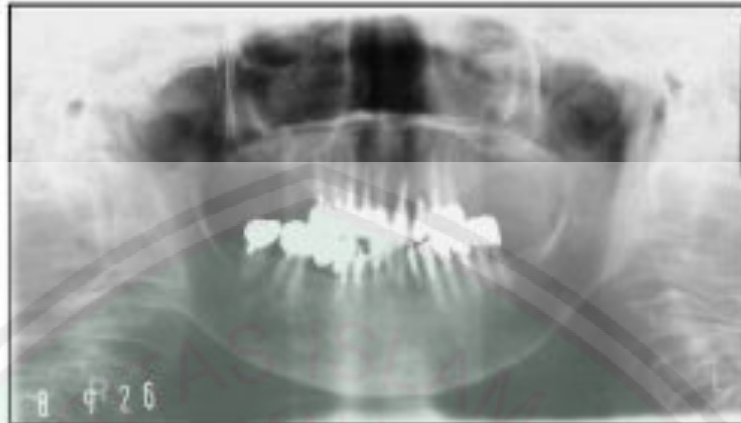
Penelitian mengenai perancangan dan pembuatan *Automated Dental Identification System* (ADIS) untuk pengidentifikasian manusia dengan

menggunakan *dental radiograph* telah dilakukan. (Amaliah, Bilqis,dkk. 2011). ADIS adalah sebuah system automatisasi 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(Olaf et al, 2002).



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

### 2.3 Pengolahan Citra

Pengolahan citra digital dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi dua dimensi  $f(x,y)$ , dengan  $x$  maupun  $y$  adalah posisi koordinat, sedangkan  $f$  merupakan amplitude pada posisi  $(x,y)$  yang sering dikenal sebagai intensitas atau *grey scale* (Gonzales, 2002). Dalam konteks yang lebih luas, pengolahan citra digital mengacu pada pemrosesan setiap data 2 dimensi. Citra digital merupakan sebuah larik (*array*) yang berisi nilai-nilai real maupun kompleks yang direpresentasikan dengan deretan bit tertentu. (Putra, darma.2010 :19)

Suatu citra dapat didefinisikan sebagai fungsi  $f(x,y)$  berukuran M baris dan N kolom, dengan  $x$  dan  $y$  adalah koordinat spasial, dan amplitude  $f$  di titik koordinat  $(x,y)$  dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Apabila nilai  $x$ ,  $y$ , dan nilai amplitude  $f$  secara keseluruhan berhingga (*finite*) dan bernilai diskrit maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut adalah citra digital.

Adapun proses yang termasuk pada *image enhancement* adalah :  
Perubahan kecerahan gambar (*image brightness*), peregangan kontras (*contrast*

*stretching*), perubahan histogram (*histogram equalization*), pelembutan citra (*image smoothing*), penajaman tepi (*sharpening edge*), pewarnaan semu (*pseudocolouring*), perubahan geometrik. Pada umumnya, peningkatan kualitas citra dilakukan melalui penggambaran histogram citra tersebut melalui metode *Histogram Equalization*.

### 2.3.1 Peningkatan Kualitas Citra

Perbaikan citra adalah salah satu metode yang paling sederhana dan menarik pada bidang pengolahan citra digital. Pada dasarnya, ide di balik teknik perbaikan citra adalah untuk membawa keluar detail yang dikaburkan, atau hanya untuk menyorot fitur tertentu yang menarik di gambar. Penting untuk diingat bahwa peningkatan adalah daerah yang sangat subjektif dari pengolahan citra. Peningkatan kualitas gambar dapat terdegradasi dicapai dengan menggunakan penerapan teknik perbaikan citra. (Nazarudin, Arifyanto : 2012)

Perbaikan citra bertujuan meningkatkan kualitas tampilan cira untuk pandangan manusia atau untuk mengkonversi suatu citra agar memiliki format yang lebih baik sehingga citra tersebut menjadi lebih mudah diolah dengan mesin (komputer). (Putra, darma .119 :2010). Perbaikan terhadap suatu citra dapat dilakukan dengan operasi titik (*point operation*), operasi spasial (*spatial operation*), operasi geometri (*geometric operation*), dan operasi aritmatik (*arithmetic operation*).

Salah satu perbaikan citra yang populer adalah pemerataan histogram (*Histogram Equalization*). Pemerataan Histogram adalah teknik kompensasi fitur

populer yang telah diteliti dengan baik dan dipraktikkan di bidang pengolahan citra untuk normalisasi fitur visual digital gambar, seperti kecerahan, grey-level skala, kontras, dan sebagainya. Ini juga telah diperkenalkan ke bidang pengolahan pidato untuk normalisasi fitur pidato untuk kuat ASR, dan pendekatan yang baik telah terus diusulkan dan dilaporkan dalam literature.

*Histogram equalization* merupakan salah satu bagian penting dari beberapa aplikasi pengolahan citra. Tujuan dari teknik ini adalah untuk menghasilkan histogram citra yang seragam. Teknik ini dapat dilakukan pada keseluruhan citra atau pada beberapa bagian citra saja. Histogram hasil proses ekualisasi tidak akan seragam atau sama untuk seluruh intensitas. Teknik ini hanya melakukan distribusi ulang terhadap distribusi intensitas dari histogram awal. Jika histogram awal memiliki puncak dan lembah, maka histogram hasil ekualisasi akan tetap memiliki puncak dan lembah. Akan tetapi puncak dan lembah tersebut akan digeser. Histogram hasil ekualisasi akan lebih disebar (spreading).

Histogram citra menunjukkan pada histogram dari nilai intensitas pixel. Histogram menampilkan banyaknya pixel dalam suatu citra yang dikelompokkan berdasarkan level nilai intensitas piksel yang berbeda. Pada citra *grayscale* 8 bit, terdapat 256 level nilai intensitas yang berbeda maka pada histogram akan ditampilkan secara grafik distribusi dari masing-masing 256 level nilai piksel tersebut.

Histogram citra adalah :

$$h_i = \frac{n_i}{n}, i=0,1, \dots, L-1 \quad (2.1)$$

Dimana

L = derajat keabuan

$n_i$  = jumlah *pixel* yang memiliki derajat keabuan  $i$

$n$  = jumlah seluruh *pixel* di dalam citra

Nilai hasil histogram equalization adalah :

Dimana

$$w = \frac{C_w \cdot th}{n_x \cdot n_y} \quad (2.2)$$

$w$  = nilai keabuan hasil histogram equalization

$c_w$  = histogram komulatif dari  $w$

$th$  = thresholding derajat keabuan (256)

$n_x$  dan  $n_y$  = ukuran gambar

#### 2.4 *Multi-Histogram Equalization*

Metode *Histogram Equalization* menghasilkan objek alami namun tidak memproses gambar, sedangkan metode *bi-histogram Equalization* dapat menghasilkan gambar dengan peningkatan kontras yang signifikan, hasilnya gambar tidak terlihat alami. *Multi-Histogram Equalization* diusulkan untuk mengatasi kelemahan, metode ini menguraikan gambar menjadi beberapa sub-

gambar, sehingga peningkatan kontras gambar dilakukan pada setiap sub-gambar.

Tahapan-tahapan dalam metode *Multi-Histogram Equalization* adalah :

#### 2.4.1 Melakukan dekomposisi *Multi-Histogram*

Metode ini menguraikan gambar ke dalam beberapa sub-gambar dengan menggunakan nilai ukur statistik berdasarkan gambar gray-level. Metode ini bertujuan untuk mengoptimalkan entropi atau memelihara kecerahan gambar. Melakukan dekomposisi agar kualitas gambar terlihat alami. Oleh karena itu dilakukan meminimalan pergeseran kecerahan dengan memproses *Histogram Equalization* di setiap sub-gambar.

Tujuan dekomposisi adalah menemukan set threshold yang optimal  $T^k = \{t_1^k, \dots, t_{k-1}^k\}$  yang meminimalkan kesalahan dekomposisi histogram dari gambar ke kelas histogram dan pendekomposisian gambar  $I[0, L-1]$  ke sub-gambar  $I[t_1^k, \dots, t_{k-1}^k], \dots, I[l_s^{k,k}, \dots, l_{k-1}^{k,k}]$ , dimana  $l_s^{j,k}$  dan  $l_f^{j,k}$  merupakan batasan rendah dan tingginya gray-level dari tiap sub-image  $j$  ketika gambar di dekomposisi ke  $k$  sub-gambar. Hal ini didefinisikan sebagai  $l_s^{j,k} = t_{j-1}^k$ , jika  $j > 1$  dan  $l_s^{j,k} = 0$  begitu juga sebaliknya, dan  $l_f^{j,k} = l_j^k + 1$ , jika  $j \neq k$ , dan  $l_f^{j,k} = L-1$ .

Digambarkan sebagai berikut :

$$Disc(k) = \sum_{j=1}^k \sum_{i=i_x^{j,k}}^{i_f^{j,k}} (l - l_m(I[l_s^{j,k}, l_f^{j,k}]))^2 P_l^{I[0, L-1]} \quad (2.3)$$

Dimana :

$j$  = sub-image minimum

$k$  = sub-image maksimum

$l$  =  $ls^{j,k}$  (nilai minimum graylevel)

$lf^{j,k}$  = nilai maksimum graylevel

$lmm$  = nilai tengah yang dicari dengan rumus  $(ls + lf)/2$

$P_l^{I[0,L-1]}$  = nilai probabilitas dari gambar I

#### 2.4.2 Threshold

Proses thresholding ini menggunakan metode otsu dengan memaksimalkan varians antar kelas (*between-class variance*) sehingga disebut optimum. Metode ini didasarkan pada histogramnya.

Algoritma metode otsu antara lain :

1. Hitunglah histogram ternormalisasi dari citra. Simbolkan histogram tersebut sebagai  $h_i$ ,  $I = 0, 1, 2, 3, \dots, L-1$

$$h_i = \frac{n_i}{MN} \quad (2.4)$$

Dengan  $n_i$  adalah jumlah piksel pada tiap intensitas dan MN adalah jumlah semua  $n_i$  mulai dari  $n_0$  sampai  $n_{L-1}$

2. Hitunglah jumlah kumulatif (cumulative sum) dari  $P_1(k)$ , untuk  $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$  dengan menggunakan rumus

$$P_1(k) = \sum_{i=0}^k p_i \quad (2.5)$$

3. Hitunglah rerata kumulatif (cumulative mean),  $m(k)$  untuk  $k = 0, 1, 2 \dots L-1$  dengan menggunakan rumus

$$m(k) = \sum_{i=0}^k ip_i \quad (2.6)$$

4. Hitunglah rerata intensitas global,  $m_G$  menggunakan rumus

$$m_G = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i \quad (2.7)$$

5. Hitunglah varians antar kelas (*between-class variance*),  $\sigma_B^2(k)$ , untuk  $k = 0, 1, 2 \dots L-1$  dengan menggunakan rumus

$$\sigma_B^2 = \frac{mGP_1(k) - m(k)^2}{P_1(k) [1 - P_1(k)]} \quad (2.8)$$

6. Hitunglah separability measurement,  $\eta^*$  pada  $k=k^*$  dengan menggunakan rumus

$$\eta(k) = \frac{\sigma_B^2(k)}{\sigma_G^2} \quad (2.9)$$

Sedangkan,

$$\sigma_G^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (1 - m_G)^2 p_i \quad (2.10)$$

Nilai  $k$  adalah pada saat  $\sigma_B^2(k)$  maksimum

Hasil percobaan dari metode *Multi-Histogram Equalization* pada gambar adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3. Hasil percobaan a). Gambar original; b). *Histogram Equalization* c). *Multi-histogram Equalization* dengan  $k=5$ ; d). *Multi-Histogram Equalization* dengan  $k=6$ . (sumber: David.2007)

Tujuan *Multi-Histogram Equalization* adalah untuk :

- 1) peningkatan kontras;
- 2) pelestarian kecerahan;
- 3) penampilan yang alami.

## BAB III

### ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Pada bab analisis dan perancangan sistem diuraikan mengenai metode penelitian untuk meningkatkan kualitas citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) pada tulang mandibula. Bab ini membahas lingkungan perancangan perangkat keras, lingkungan perancangan perangkat lunak, deskripsi sistem, desain sistem, desain proses sistem, dan perancangan antarmuka. Untuk penjelasannya akan diuraikan sebagai berikut:

#### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

Untuk merancang dan membuat program yang dapat meningkatkan kualitas citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) pada tulang mandibula menggunakan metode *Multi-Histogram Equalization*, penulis menggunakan perangkat komputer dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Processor Intel® Pentium® dual-core processor T4200 2.0 GHz
2. VGA Intel® HD Graphics
3. RAM 1 MB
4. Harddisk 160 GB
5. Perangkat output monitor LED 14"
6. Keyboard dan mouse

### 3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Untuk merancang dan membuat program peningkatan kualitas citra DPR pada tulang mandibula menggunakan metode *Multi-Histogram Equalization*, penulis menggunakan beberapa perangkat lunak yaitu:

1. Sistem Operasi windows 7 Ultimate

Sistem operasi windows 7 digunakan sebagai penghubung antara perangkat keras dan pengguna. Sistem operasi ini digunakan untuk mengarahkan komputer dalam melaksanakan, mengawal, menjadwalkan, dan menyediakan layanan kepada pengguna sehingga memudahkan pengguna dalam mengoperasikan komputer.

2. NetBeans IDE 7.0.1

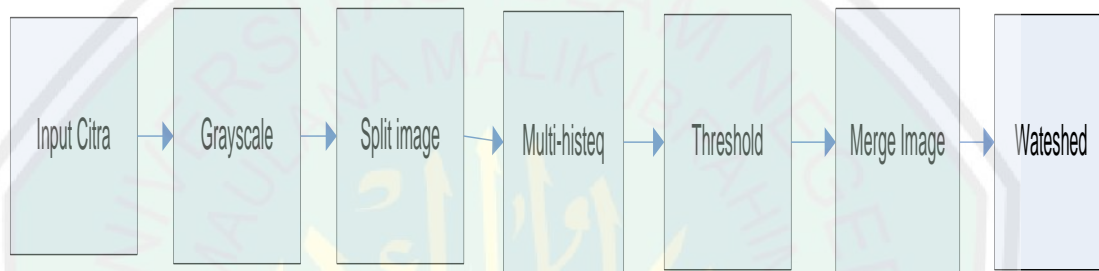
NetBeans merupakan sebuah lingkungan pengembangan bahasa pemrograman komputer, sebuah *tools* untuk menulis, mengompilasi, mencari kesalahan, dan menyebarkan program. NetBeans ditulis dalam bahasa pemrograman java, namun mendukung bahasa pemrograman lain seperti C, C++, Ruby, PHP, dan lain-lain.

3. Microsoft Office 2007

Microsoft Office 2007 digunakan sebagai media pengolahan teks, pengolahan dokumen, dan laporan untuk memudahkan dalam menyelesaikan pekerjaan. Dalam hal ini microsoft office digunakan untuk perancangan sistem dan pembuatan laporan.

### 3.3 Deskripsi Sistem

Aplikasi yang dibangun dalam penelitian ini adalah peningkatan kualitas citra *Dental Panoramic Radiograph* (DPR) pada tulang mandibula. Dalam penelitian ini peningkatan kualitas citra menggunakan metode *Multi-Histogram Equalization*. Citra DPR didapatkan dari hasil foto penggunaan sinar X-Ray.



Gambar 3.1 Blok Diagram proses peningkatan kualitas citra DPR

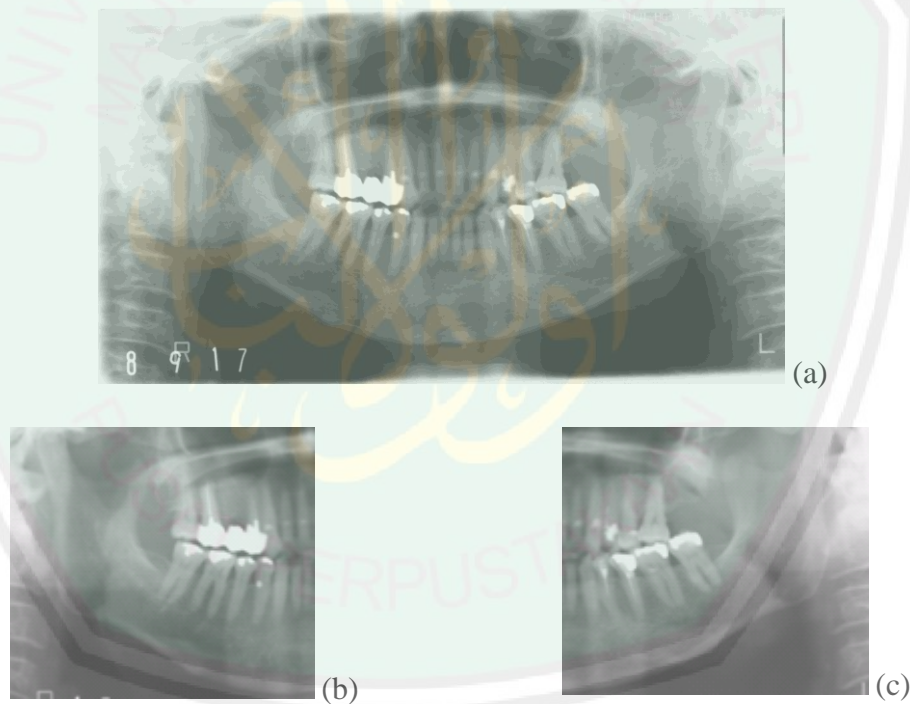
Tahap pertama merupakan pengumpulan data. Dalam tahap ini dikumpulkan beberapa informasi seperti : pertama, pengumpulan informasi tentang cara melakukan pemecahan gambar dalam pemrograman Java. Kedua, pengumpulan data *image* yang akan diterapkan metode *Multi-Histogram Equalization*. Ketiga, pengumpulan informasi tentang bagaimana cara menerapkan metode *Multi-Histogram Equalization* pada pemograman java.

Tahap selanjutnya perancangan aplikasi terdiri dari perancangan proses-proses utama dan desain aplikasi terdiri atas desain antar muka aplikasi. Terdapat beberapa proses yaitu : proses *grayscale*, pemecahan gambar menjadi beberapa gambar kecil (*split image*), penerapan metode *muti-histogram equalization*,

penerapan *thresholding* dan menyatukan beberapa gambar kecil menjadi 1 gambar (*merge image*) serta melakukan segmentasi *watershed*. Hasil dari proses ini adalah memisahkan antara tulang mandibula dengan akar gigi.

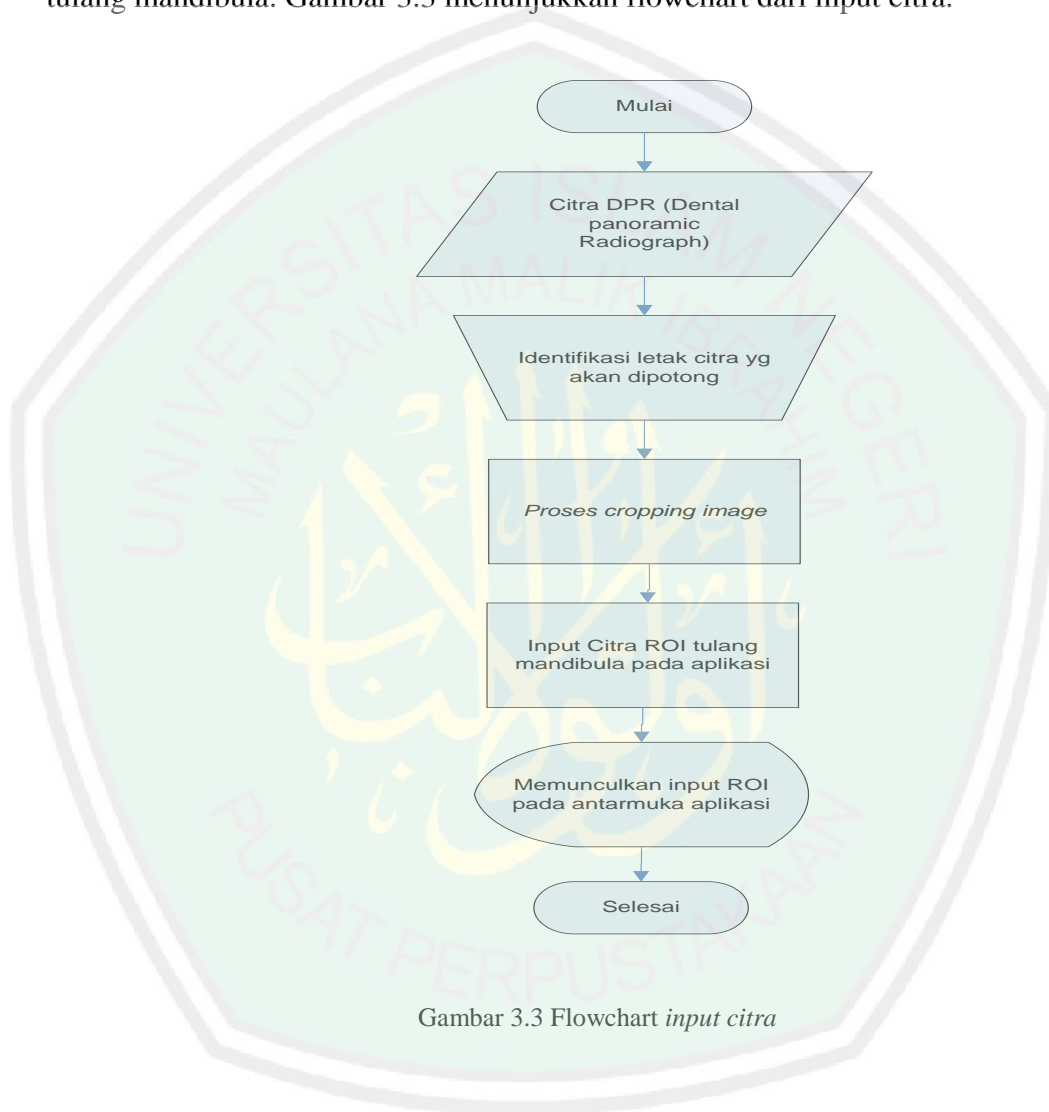
### 3.3.1 Input citra

Input citra menggunakan citra tulang mandibula yang dipotong secara manual pada bagian yang akan diteliti, supaya pengolahan citra lebih terfokus pada bagian tersebut. Citra yang dipotong merupakan citra *Dental Panoramic Radograph* (DPR).



Gambar 3.2 (a) citra asli sebelum proses pemotongan, (b). pemotongan citra tulang mandibula pada bagian kanan, (c). pemotongan citra tulang mandibula pada bagian kiri

Input citra yaitu pemotongan citra pada bagian kanan dan bagian kiri dari tulang mandibula. Citra ini diproses untuk memisahkan antara akar gigi dengan tulang mandibula. Gambar 3.3 menunjukkan flowchart dari input citra.

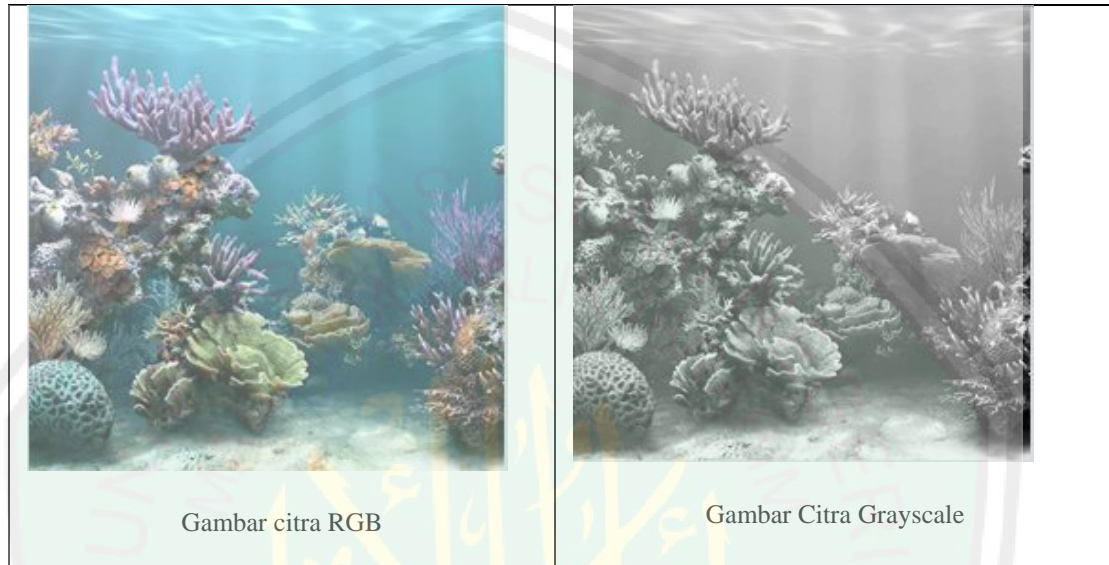


Gambar 3.3 Flowchart *input citra*

### 3.3.2 Proses Grayscale

Citra berwarna terdiri dari 3 layer yaitu R-layer, G-layer, B-layer diubah menjadi 1 layer *grayscale* yang disebut dengan citra *grayscale*. Dalam citra ini tidak ada warna, yang ada hanya derajat keabuan. Citra keabuan hanya memiliki satu nilai

pada setiap pikselnya dengan 256 kombinasi warna keabuan dari hitam hingga putih, (dari nilai 0 hingga 255).



Gambar 3.4 Proses *Grayscale* citra

Untuk mengubah citra menjadi citra *grayscale*, langkah yang dilakukan yaitu menentukan nilai *red*, *green*, *blue* masing-masing piksel pada suatu citra. Kemudian menghitung nilai *grayscale* dengan mencari nilai rata-rata dari ketiga nilai *red*, *green*, dan *blue*. Persamaan yang digunakan adalah :

$$X = a.R + b.G + c.B$$

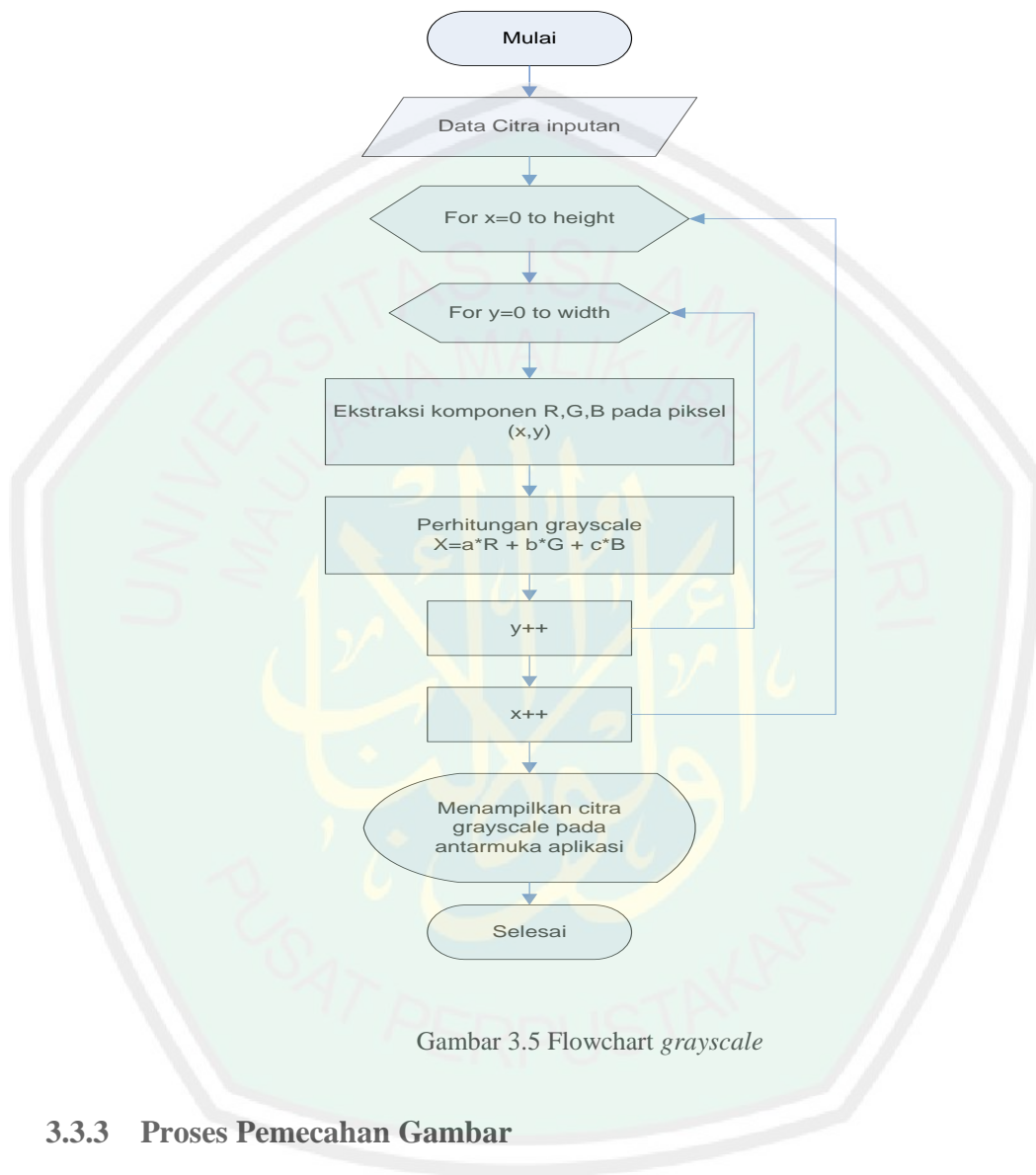


$$a + b + c = 1$$

(3.1)

Dimana nilai konstanta  $a = 0.299$ ,  $b = 0.587$ , dan  $c = 0.114$ .

Gambar 3.5 Menunjukkan flowchart proses *grayscale*.

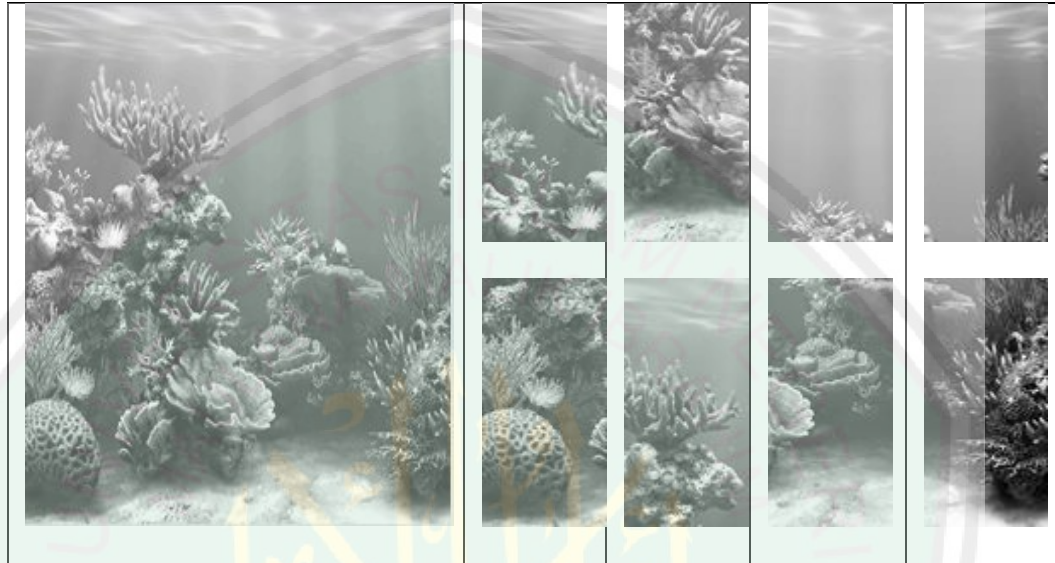


Gambar 3.5 Flowchart *grayscale*

### 3.3.3 Proses Pemecahan Gambar

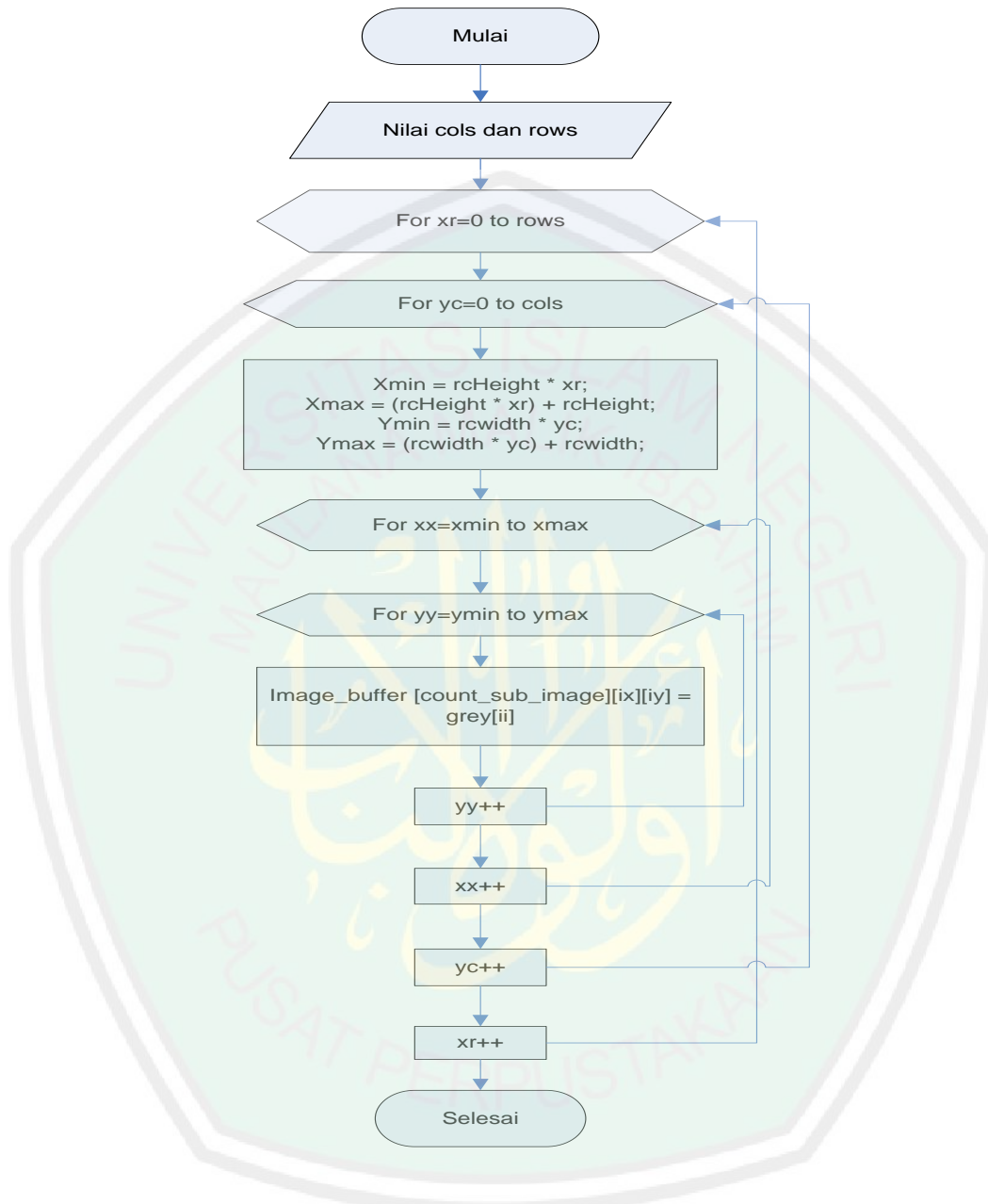
Proses ini merupakan pemecahan gambar menjadi beberapa gambar. Dimana dalam penelitian ini terdapat satu buah gambar citra tulang mandibula yang dipecah menjadi beberapa sub-gambar. Pada tahap akhir setelah metode diterapkan, terdapat

proses penyatuan beberapa gambar kecil menjadi satu gambar. Setelah gambar dipecah, diterapkan proses *histogram equalization* pada setiap *sub-image*.



Gambar 3.6 proses *split* gambar menjadi 8 sub-gambar

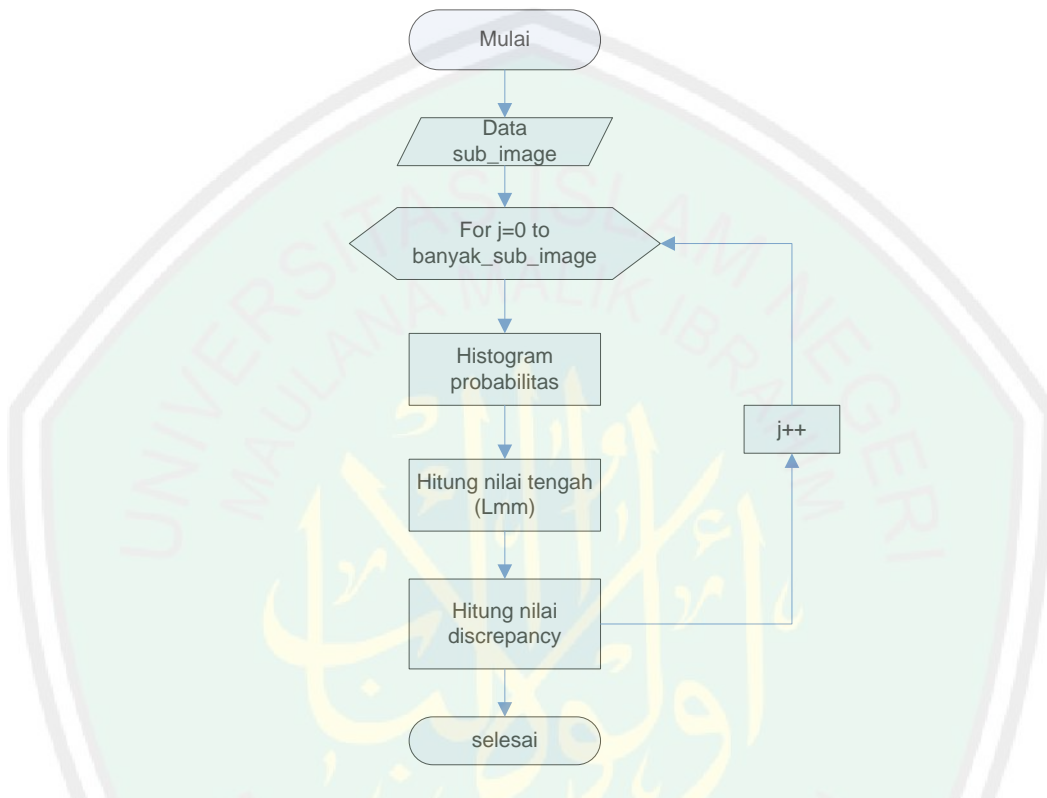
Proses pemecahan gambar (*split image*) dilakukan dalam 4 pemecahan, yaitu: *split 4*, *split 8*, *split 16*, dan *split 36*. Gambar 3.7 menunjukkan flowchart proses *split image*.

Gambar 3.7 Flowchart *split image*

### 3.3.4 Multi-histogram Equalization

Pada tahap ini diterapkan perhitungan *histogram equalization* pada setiap *image* kecil (*sub-image*). Tujuan dari proses ini adalah untuk menghasilkan histogram citra yang

seragam. Proses *histogram equalization* ini dilakukan pada setiap *image* kecil (*sub-image*).



Gambar 3.8 Flowchart *Multi-Histogram Equalization*

### 3.3.5 *Threshold*

Untuk menemukan nilai threshold peneliti menggunakan metode otsu yang cara kerjanya memaksimalkan varians antar kelas (*between-class variance*). Varians antar kelas ini cocok digunakan untuk analisa diskriminan kelas secara statistik. Tujuan dari metode otsu adalah membagi histogram citra *gray level* kedalam dua

daerah yang berbeda secara otomatis tanpa membutuhkan bantuan *user* untuk memasukkan nilai ambang.

### 3.3.6 *Watershed*

*Watershed* merupakan salah satu metode dalam segmentasi citra yang membagi citra menjadi region yang berbeda dengan menggambarkan citra sebagai relief topografi. Transformasi *watershed* mengaplikasikan pengolahan citra grayscale yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai masalah segmentasi citra. Hasil dari transformasi *watershed* adalah garis-garis yang membentuk area. Area hasil

### 3.3.7 Akurasi, Presisi, dan *Recall*

Akurasi, presisi, dan *recall* merupakan analisis dalam pengukuran citra hasil segmentasi dengan citra referensi. Klasifikasi citra biner hasil segmentasi dan citra biner referensi dikelompokkan menjadi 4 kemungkinan kondisi piksel, yaitu:

- a) *True Positive* (TP), suatu kondisi piksel objek tulang mandibula diklasifikasikan sebagai piksel objek tulang mandibula.
- b) *False Positive* (FP), suatu kondisi piksel bukan objek tulang mandibula diklasifikasikan sebagai piksel objek tulang mandibula.
- c) *True Negative* (TN), suatu kondisi piksel objek tulang mandibula diklasifikasikan sebagai bukan objek tulang mandibula.
- d) *False Negative* (FN), suatu kondisi piksel bukan objek tulang mandibula diklasifikasikan sebagai piksel bukan objek tulang mandibula.

Akurasi merupakan ukuran ketepatan citra hasil segmentasi terhadap citra referensi. Presisi merupakan ketepatan posisi objek hasil segmentasi terhadap objek citra referensi. *Recall* merupakan proporsi objek hasil segmentasi terhadap piksel kebenaran. Perhitungan akurasi, presisi, dan *recall* sebagai berikut :

$$Akurasi = \frac{TP+FN}{TP+FP+TN+FN} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (3.2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \quad (3.3)$$

### 3.4 Desain Sistem

Pada subbab desain sistem ini akan dijelaskan desain aplikasi untuk implementasi perhitungan *Multi Histogram Equalization* dalam proses peningkatan kualitas citra DPR. Desain aplikasi ini meliputi desain data, desain proses sistem yang digambarkan dalam diagram alur, dan desain interface. Desain data menjelaskan tentang data masukan, data proses, dan data keluaran dari sistem yang dibuat. Berikut penjelasan dari desain sistem :

#### 3.4.1 Desain Data Sistem

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra *Dental Panoramic Radiograph* khususnya tulang mandibula. Data dibagi menjadi data awal, data proses, dan data keluaran. Data awal dalam penelitian ini adalah citra *Dental Panoramic*

*Radiograph*. Citra ini berupa citra hasil sinar x-ray tulang mandibula. Masukan atau input dibutuhkan untuk menghasilkan keluaran yang diharapkan yaitu dokumen gambar dari tulang mandibula. Dalam penelitian ini dokumen bertipe \*.png.

Data proses berupa citra hasil pemotongan manual pada DPR dari tulang mandibula. Data ini akan diproses dengan beberapa tahap, diantaranya tahap *grayscale*, tahap pemecahan gambar menjadi beberapa sub-gambar (*split image*), tahap penerapan *multi-histogram equalization*, tahap *thresholding*, tahap penggabungan *image* yang sudah dipecah (*merge image*) dan tahap segmentasi dengan *watershed*.

Data keluaran berupa data citra yang didapatkan dari proses *Multi Histogram Equalization* dengan ekstensi citra \*.png. Keluaran atau *output* yang diharapkan dalam aplikasi peningkatan kualitas citra (*enhancement*) adalah suatu gambar yang terlihat lebih jelas daripada gambar aslinya.

### 3.4.2 Desain Proses Sistem

Pada subbab ini akan dijelaskan tentang desain proses dari sistem untuk meningkatkan kualitas tulang mandibula pada citra DPR. Desain ini digunakan untuk mengetahui proses-proses yang terdapat pada sistem tersebut.

Desain proses terdiri dari beberapa tahap yaitu pemotongan citra, *split image*, *thresholding*, *image criterion*. Tahap pertama adalah pemotongan citra *Dental Panoramic Radiograph* pada tulang mandibula secara manual. Tahap selanjutnya

citra yang dipotong akan dilakukan proses *split image*, yaitu dengan memecah sebuah citra menjadi beberapa citra. Pada tahap ini sub-citra akan diproses dengan *multi histogram equalization*. Tahap *thresholding* dilakukan dengan menggunakan metode otsu yang selanjutnya diterapkan transformasi *watershed*.

### 3.5 Perancangan Antarmuka

Perancangan antarmuka (*interface*) digunakan untuk memudahkan pengguna.

Berikut tampilan rancangan antarmuka aplikasi :



Gambar 3.9 Antarmuka Perangkat Lunak

Pada gambar 3.9 terdapat beberapa *button* untuk pemrosesan citra, antara lain :

- a. *Button load*

*Button load* merupakan *button* untuk membuka *directory* untuk menginputkan citra masukan.

b. *Button Grayscale*

*Button* ini digunakan untuk memproses perhitungan konversi citra *grayscale* dan menampilkan hasil konversi pada label *grayscale*.

c. *Button Split Image*

*Button* ini merupakan *button* untuk memecah satu *image* menjadi beberapa *image* kecil untuk dilakukan proses *histogram equalization*.

d. *Button Histeq*

*Button* ini merupakan *button* proses *histogram equalization* pada setiap *image* kecil, hasil dari *split image*.

e. *Button Threshold*

*Button* ini merupakan proses *thresholding* pada setiap *image* kecil yang selanjutnya akan digabung menjadi satu *image* besar.

f. *Button Merge*

*Button* ini merupakan *button* penggabungan beberapa *image* kecil menjadi satu *image* besar.

g. *Button Watershed*

*Button* ini digunakan untuk memproses *segmentasi watershed*.

h. *Button Simpan*

*Button* ini digunakan untuk menyimpan gambar dari label *watershed* ke *directory*.

### 3.6 Studi Kasus

#### a. Split Image

Dari suatu gambar dengan ukuran 16x12, diketahui jumlah piksel sebagai berikut :



Gambar 3.10 *image* yang dipakai untuk perhitungan manual

Tabel 3.1 nilai piksel dari image

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	60	77	77	47	45	56	56	36	20	24	24	28	38	49	49	72
1	26	72	72	46	53	63	63	58	33	36	36	47	73	90	90	116
2	21	62	62	53	53	69	69	70	42	41	41	60	87	106	106	125
3	25	46	46	69	58	77	77	87	56	45	45	77	103	116	116	129
4	20	17	17	49	74	74	74	100	107	50	50	87	110	113	113	120
5	20	14	14	18	85	68	68	84	121	120	120	87	113	113	113	120
6	20	9	9	5	66	80	80	77	94	119	119	165	124	107	107	117
7	15	10	10	12	7	34	34	63	75	90	90	126	142	161	161	148
8	10	12	12	12	7	12	12	49	49	41	41	77	137	154	154	146
9	7	9	9	10	7	7	7	30	35	38	38	87	133	148	148	121
10	7	9	9	12	12	17	17	20	38	48	48	83	86	85	85	86
11	12	17	17	21	25	25	25	30	37	48	48	80	94	94	94	100

Pada proses pertama dilakukan pemecahan gambar dan diterapkan rumus *multi-histogram equalization (discrepancy function)*.

$$Disc(k) = \sum_{j=1}^k \sum_{l=l_s^{j,k}}^{l_f^{j,k}} (l - l_{mm}(I[l_s^{j,k}, l_f^{j,k}]))^2 P_l^{l[0,L-1]} \quad (3.4)$$

Dimana :

$j$  = sub-image minimum

$k$  = sub-image maksimum

$l$  =  $l_s^{j,k}$  (nilai minimum graylevel)

$l_f^{j,k}$  = nilai maksimum graylevel

$l_{mm}$  = nilai tengah yang dicari dengan rumus  $(l_s + l_f)/2$

$P_l^{I[0,L-1]}$  = nilai probabilitas dari gambar I

Pada rumus diatas gambar dibagi menjadi 6 sub-images, antara lain :

a. *Sub-image*  $j=1$

Tabel 3.2 perhitungan *discrepancy image* pada *sub-image*  $j=1$

Piksel	value	$L_s$	$L_f$	$l_{mm}$	$P_l^{I[0,L-1]}$
14	2	14	17	15.5	0.08
17	2	17	18	17.5	0.08
18	1	18	20	19	0.04
20	2	20	21	20.5	0.08
21	1	21	25	23	0.04
25	1	25	26	25.5	0.04
26	1	26	46	36	0.04
46	3	46	47	46.5	0.13
47	1	47	49	48	0.04
49	1	49	53	51	0.04
53	1	53	60	56.5	0.04
60	1	60	62	61	0.04
62	2	62	69	65.5	0.08
69	1	69	72	70.5	0.04
72	2	72	77	74.5	0.08
77	2	77			0.08

$$\begin{aligned}
Disc(j=1) = & (14-15,5)^2 \times 0,08 + (15-15,5)^2 \times 0,08 + (16-15,5)^2 \times 0,08 + (17-15,5)^2 \times 0,08 \\
& + (17-17,5)^2 \times 0,08 + (18-17,5)^2 \times 0,08 + (18-19)^2 \times 0,04 + (19-19)^2 \times 0,04 + (20-19)^2 \\
& \times 0,04 + (20-20,5)^2 \times 0,08 + (21-20,5)^2 \times 0,08 + (21-23)^2 \times 0,04 + (22-23)^2 \times 0,04 + (23- \\
& 23)^2 \times 0,04 + (24-23)^2 \times 0,04 + (25-23)^2 \times 0,04 + (25-25,5)^2 \times 0,04 + (26-25,5)^2 \times 0,04 + \\
& (26-36)^2 \times 0,04 + (27-36)^2 \times 0,04 + (28-36)^2 \times 0,04 + (29-36)^2 \times 0,04 + (30-36)^2 \times 0,04 + \\
& (31-36)^2 \times 0,04 + (32-36)^2 \times 0,04 + (33-36)^2 \times 0,04 + (34-36)^2 \times 0,04 + (35-36)^2 \times 0,04 + \\
& (36-36)^2 \times 0,04 + (37-36)^2 \times 0,04 + (38-36)^2 \times 0,04 + (39-36)^2 \times 0,04 + (40-36)^2 \times 0,04 + \\
& (41-36)^2 \times 0,04 + (42-36)^2 \times 0,04 + (43-36)^2 \times 0,04 + (44-36)^2 \times 0,04 + (45-36)^2 \times 0,04 + \\
& (46-36)^2 \times 0,04 + (46-46,5)^2 \times 0,13 + (47-46,5)^2 \times 0,13 + (47-48)^2 \times 0,04 + (48-48)^2 \\
& \times 0,04 + (49-48)^2 \times 0,04 + (49-51)^2 \times 0,04 + (50-51)^2 \times 0,04 + (51-51)^2 \times 0,04 + (52-51)^2 \\
& \times 0,04 + (53-51)^2 \times 0,04 + (53-56,5)^2 \times 0,04 + (54-56,5)^2 \times 0,04 + (55-56,5)^2 \times 0,04 + \\
& (56-56,5)^2 \times 0,04 + (57-56,5)^2 \times 0,04 + (58-56,5)^2 \times 0,04 + (59-56,5)^2 \times 0,04 + (60-56,5)^2 \\
& \times 0,04 + (60-61)^2 \times 0,04 + (61-61)^2 \times 0,04 + (62-61)^2 \times 0,04 + (62-65,5)^2 \times 0,08 + (63- \\
& 65,5)^2 \times 0,08 + (64-65,5)^2 \times 0,08 + (65-65,5)^2 \times 0,08 + (66-65,5)^2 \times 0,08 + (67-65,5)^2 \\
& \times 0,08 + (68-65,5)^2 \times 0,08 + (69-65,5)^2 \times 0,08 + (69-70,5)^2 \times 0,04 + (70-70,5)^2 \times 0,04 + \\
& (71-70,5)^2 \times 0,04 + (72-70,5)^2 \times 0,04 + (72-74,5)^2 \times 0,08 + (73-74,5)^2 \times 0,08 + (74-74,5)^2 \\
& \times 0,08 + (75-74,5)^2 \times 0,08 + (76-74,5)^2 \times 0,08 + (77-74,5)^2 \times 0,08
\end{aligned}$$

$$Disc(j=1) = 40,67$$

b. *Sub-image j=2*Tabel 3.3 perhitungan *discrepancy image* pada *sub-image j=2*

Piksel	value	$ls$	$lf$	$lmm$	$P_i^{l[0,L-1]}$
36	1	36	45	40.5	0.04
45	1	45	53	49	0.04
53	2	53	56	54.5	0.08
56	2	56	58	57	0.08
58	2	58	63	60.5	0.08
63	2	63	68	65.5	0.08
68	2	68	69	68.5	0.08
69	2	69	70	69.5	0.08
70	1	70	74	72	0.04
74	3	74	77	75.5	0.13
77	2	77	84	80.5	0.08
84	1	84	85	84.5	0.04
85	1	85	87	86	0.04
87	1	87	100	93.5	0.04
100	1	100			0.04

$$\begin{aligned}
 Disc(j=2) = & (36-40,5)^2 \times 0,04 + (37-40,5)^2 \times 0,04 + (38-40,5)^2 \times 0,04 + (39-40,5)^2 \times \\
 & 0,04 + (40-40,5)^2 \times 0,04 + (41-40,5)^2 \times 0,04 + (42-40,5)^2 \times 0,04 + (43-40,5)^2 \times 0,04 + \\
 & (44-40,5)^2 \times 0,04 + (45-40,5)^2 \times 0,04 + (45-49)^2 \times 0,04 + (46-49)^2 \times 0,04 + (47-49)^2 \times \\
 & 0,04 + (48-49)^2 \times 0,04 + (49-49)^2 \times 0,04 + (50-49)^2 \times 0,04 + (51-49)^2 \times 0,04 + (52-49)^2 \\
 & \times 0,04 + (53-49)^2 \times 0,04 + (53-54,5)^2 \times 0,08 + (54-54,5)^2 \times 0,08 + (55-54,5)^2 \times 0,08 + \\
 & (56-54,5)^2 \times 0,08 + (56-57)^2 \times 0,08 + (57-57)^2 \times 0,08 + (58-57)^2 \times 0,08 + (58-60,5)^2 \times \\
 & 0,08 + (59-60,5)^2 \times 0,08 + (60-60,5)^2 \times 0,08 + (61-60,5)^2 \times 0,08 + (62-60,5)^2 \times 0,08 + \\
 & (63-60,5)^2 \times 0,08 + (63-65,5)^2 \times 0,08 + (64-65,5)^2 \times 0,08 + (65-65,5)^2 \times 0,08 + (66- \\
 & 65,5)^2 \times 0,08 + (67-65,5)^2 \times 0,08 + (68-65,5)^2 \times 0,08 + (68-68,5)^2 \times 0,08 + (69-68,5)^2 \times \\
 & 0,08 + (69-69,5)^2 \times 0,08 + (70-69,5)^2 \times 0,08 + (70-72)^2 \times 0,04 + (71-72)^2 \times 0,04 + (72- \\
 & 72)^2 \times 0,04 + (73-72)^2 \times 0,04 + (74-72)^2 \times 0,04 + (74-75,5)^2 \times 0,13 + (75-75,5)^2 \times 0,13
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + (76-75,5)^2 \times 0,13 + (77-75,5)^2 \times 0,13 + (77-80,5)^2 \times 0,08 + (78-80,5)^2 \times 0,08 + (79- \\
& 80,5)^2 \times 0,08 + (80-80,5)^2 \times 0,08 + (81-80,5)^2 \times 0,08 + (82-80,5)^2 \times 0,08 + (83-80,5)^2 \times \\
& 0,08 + (84-80,5)^2 \times 0,08 + (84-84,5)^2 \times 0,04 + (85-84,5)^2 \times 0,04 + (85-86)^2 \times 0,04 + \\
& (86-86)^2 \times 0,04 + (87-86)^2 \times 0,04 + (87-93,5)^2 \times 0,04 + (88-93,5)^2 \times 0,04 + (89-93,5)^2 \\
& \times 0,04 + (90-93,5)^2 \times 0,04 + (91-93,5)^2 \times 0,04 + (92-93,5)^2 \times 0,04 + (93-93,5)^2 \times 0,04 \\
& + (94-93,5)^2 \times 0,04 + (95-93,5)^2 \times 0,04 + (96-93,5)^2 \times 0,04 + (97-93,5)^2 \times 0,04 + (98- \\
& 93,5)^2 \times 0,04 + (99-93,5)^2 \times 0,04 + (100-93,5)^2 \times 0,04
\end{aligned}$$

c. *Sub-image j=3*

Tabel 3.4 perhitungan *discrepancy image* pada *sub-image j=3*

piksel	value	$l_s$	$l_f$	$l_{mm}$	$P_1^{l[0,L-1]}$
20	1	20	24	22	0.04
24	2	24	28	26	0.08
28	1	28	33	30.5	0.04
33	1	33	36	34.5	0.04
36	2	36	41	38.5	0.08
41	2	41	42	41.5	0.08
42	1	42	45	43.5	0.04
45	2	45	47	46	0.08
47	1	47	50	48.5	0.04
50	2	50	56	53	0.08
56	1	56	60	58	0.04
60	1	60	77	68.5	0.04
77	1	77	87	82	0.04
87	2	87	107	97	0.08
107	1	107	120	114	0.04
120	2	120	121	121	0.08
121	1	121			0.04

$$\begin{aligned}
Disc(j=3) = & (20-22)^2 \times 0,04 + (21-22)^2 \times 0,04 + (22-22)^2 \times 0,04 + (23-22)^2 \times 0,04 + (24- \\
& 22)^2 \times 0,04 + (24-26)^2 \times 0,08 + (25-26)^2 \times 0,08 + (26-26)^2 \times 0,08 + (27-26)^2 \times 0,08 + (28-
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 26)^2 \times 0,08 + (28-30,5)^2 \times 0,04 + (29-30,5)^2 \times 0,04 + (30-30,5)^2 \times 0,04 + (31-30,5)^2 \times 0,04 + \\
& (32-30,5)^2 \times 0,04 + (33-30,5)^2 \times 0,04 + (33-34,5)^2 \times 0,04 + (34-34,5)^2 \times 0,04 + (35- \\
& 34,5)^2 \times 0,04 + (36-34,5)^2 \times 0,04 + (36-38,5)^2 \times 0,08 + (37-38,5)^2 \times 0,08 + (38-38,5)^2 \times 0,08 \\
& + (39-38,5)^2 \times 0,08 + (40-38,5)^2 \times 0,08 + (41-38,5)^2 \times 0,08 + (41-41,5)^2 \times 0,08 + (42- \\
& 41,5)^2 \times 0,08 + (42-43,5)^2 \times 0,04 + (43-43,5)^2 \times 0,04 + (44-43,5)^2 \times 0,04 + (45-43,5)^2 \times 0,04 \\
& + (45-46)^2 \times 0,08 + (46-46)^2 \times 0,08 + (47-46)^2 \times 0,08 + (47-48,5)^2 \times 0,04 + (48- \\
& 48,5)^2 \times 0,04 + (49-48,5)^2 \times 0,04 + (50-48,5)^2 \times 0,04 + (50-53)^2 \times 0,08 + (51-53)^2 \times 0,08 + \\
& (52-53)^2 \times 0,08 + (53-53)^2 \times 0,08 + (54-53)^2 \times 0,08 + (55-53)^2 \times 0,08 + (56-53)^2 \times 0,08 + \\
& (56-58)^2 \times 0,04 + (57-58)^2 \times 0,04 + (58-58)^2 \times 0,04 + (59-58)^2 \times 0,04 + (60-58)^2 \times 0,04 + \\
& (60-68,5)^2 \times 0,04 + (61-68,5)^2 \times 0,04 + (62-68,5)^2 \times 0,04 + (63-68,5)^2 \times 0,04 + (64- \\
& 68,5)^2 \times 0,04 + (65-68,5)^2 \times 0,04 + (66-68,5)^2 \times 0,04 + (67-68,5)^2 \times 0,04 + (68-68,5)^2 \times 0,04 \\
& + (69-68,5)^2 \times 0,04 + (70-68,5)^2 \times 0,04 + (71-68,5)^2 \times 0,04 + (72-68,5)^2 \times 0,04 + (73- \\
& 68,5)^2 \times 0,04 + (74-68,5)^2 \times 0,04 + (75-68,5)^2 \times 0,04 + (76-68,5)^2 \times 0,04 + (77-68,5)^2 \times 0,04 \\
& + (77-82)^2 \times 0,04 + (78-82)^2 \times 0,04 + (79-82)^2 \times 0,04 + (80-82)^2 \times 0,04 + (81-82)^2 \times 0,04 + \\
& (82-82)^2 \times 0,04 + (83-82)^2 \times 0,04 + (84-82)^2 \times 0,04 + (85-82)^2 \times 0,04 + (87-82)^2 \times 0,04 + \\
& (87-97)^2 \times 0,08 + (88-97)^2 \times 0,08 + (89-97)^2 \times 0,08 + (90-97)^2 \times 0,08 + (91-97)^2 \times 0,08 + \\
& (92-97)^2 \times 0,08 + (93-97)^2 \times 0,08 + (94-97)^2 \times 0,08 + (95-97)^2 \times 0,08 + (96-97)^2 \times 0,08 + \\
& (97-97)^2 \times 0,08 + (98-97)^2 \times 0,08 + (99-97)^2 \times 0,08 + (100-97)^2 \times 0,08 + (101-97)^2 \times 0,08 + \\
& (102-97)^2 \times 0,08 + (103-97)^2 \times 0,08 + (104-97)^2 \times 0,08 + (105-97)^2 \times 0,08 + (106- \\
& 97)^2 \times 0,08 + (107-97)^2 \times 0,08 + (107-114)^2 \times 0,04 + (108-114)^2 \times 0,04 + (109-114)^2 \times 0,04 \\
& + (110-114)^2 \times 0,04 + (111-114)^2 \times 0,04 + (112-114)^2 \times 0,04 + (113-114)^2 \times 0,04 + (114- \\
& 114)^2 \times 0,04 + (115-114)^2 \times 0,04 + (116-114)^2 \times 0,04 + (117-114)^2 \times 0,04 + (118- \\
& 114)^2 \times 0,04 + (119-114)^2 \times 0,04 + (120-114)^2 \times 0,04 + (120-121)^2 \times 0,08 + (121- \\
& 121)^2 \times 0,08
\end{aligned}$$

d. *Sub-image j=4*Tabel 3.5 perhitungan *discrepancy image* pada *sub-image j=4*

piksel	value	ls	lf	lmm	$P_l^{I[0,L-1]}$
38	1	38	49	43.5	0.04
49	2	49	72	60.5	0.08
72	1	72	73	72.5	0.04
73	1	73	87	80	0.04
87	1	87	90	88.5	0.04
90	2	90	103	96.5	0.08
103	1	103	106	105	0.04
106	2	106	110	108	0.08
110	1	110	113	112	0.04
113	5	113	116	115	0.21
116	3	116	120	118	0.13
120	2	120	125	123	0.08
125	1	125	129	127	0.04
129	1	129			0.04

$$\begin{aligned}
 \text{Disc (j=4)} = & (38-43,5)^2 \times 0,04 + (39-43,5)^2 \times 0,04 + (40-43,5)^2 \times 0,04 + (41-43,5)^2 \times 0,04 \\
 & + (42-43,5)^2 \times 0,04 + (43-43,5)^2 \times 0,04 + (44-43,5)^2 \times 0,04 + (45-43,5)^2 \times 0,04 + (46- \\
 & 43,5)^2 \times 0,04 + (47-43,5)^2 \times 0,04 + (48-43,5)^2 \times 0,04 + (49-43,5)^2 \times 0,04 + (49-60,5)^2 \times 0,08 \\
 & + (50-60,5)^2 \times 0,08 + (51-60,5)^2 \times 0,08 + (52-60,5)^2 \times 0,08 + (53-60,5)^2 \times 0,08 + (54- \\
 & 60,5)^2 \times 0,08 + (55-60,5)^2 \times 0,08 + (55-60,5)^2 \times 0,08 + (56-60,5)^2 \times 0,08 + (57-60,5)^2 \times 0,08 \\
 & + (58-60,5)^2 \times 0,08 + (59-60,5)^2 \times 0,08 + (60-60,5)^2 \times 0,08 + (61-60,5)^2 \times 0,08 + (62- \\
 & 60,5)^2 \times 0,08 + (63-60,5)^2 \times 0,08 + (64-60,5)^2 \times 0,08 + (65-60,5)^2 \times 0,08 + (66-60,5)^2 \times 0,08 \\
 & + (67-60,5)^2 \times 0,08 + (68-60,5)^2 \times 0,08 + (69-60,5)^2 \times 0,08 + (70-60,5)^2 \times 0,08 + (71- \\
 & 60,5)^2 \times 0,08 + (72-60,5)^2 \times 0,08 + (72-72,5)^2 \times 0,04 + (73-72,5)^2 \times 0,04 + (73-80)^2 \times 0,04 + \\
 & (74-80)^2 \times 0,04 + (75-80)^2 \times 0,04 + (76-80)^2 \times 0,04 + (77-80)^2 \times 0,04 + (78-80)^2 \times 0,04 + \\
 & (79-80)^2 \times 0,04 + (80-80)^2 \times 0,04 + (81-80)^2 \times 0,04 + (82-80)^2 \times 0,04 + (83-80)^2 \times 0,04 + \\
 & (84-80)^2 \times 0,04 + (85-80)^2 \times 0,04 + (86-80)^2 \times 0,04 + (87-80)^2 \times 0,04 + (87-88,5)^2 \times 0,04 +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& (88-88,5)^2 \times 0,04 + (89-88,5)^2 \times 0,04 + (90-88,5)^2 \times 0,04 + (90-96,5)^2 \times 0,08 + (91- \\
& 96,5)^2 \times 0,08 + (92-96,5)^2 \times 0,08 + (93-96,5)^2 \times 0,08 + (94-96,5)^2 \times 0,08 + (95-96,5)^2 \times 0,08 \\
& + (96-96,5)^2 \times 0,08 + (97-96,5)^2 \times 0,08 + (98-96,5)^2 \times 0,08 + (99-96,5)^2 \times 0,08 + (100- \\
& 96,5)^2 \times 0,08 + (101-96,5)^2 \times 0,08 + (102-96,5)^2 \times 0,08 + (103-96,5)^2 \times 0,08 + (103- \\
& 105)^2 \times 0,04 + (104-105)^2 \times 0,04 + (105-105)^2 \times 0,04 + (106-105)^2 \times 0,04 + (106- \\
& 108)^2 \times 0,08 + (107-108)^2 \times 0,08 + (108-108)^2 \times 0,08 + (109-108)^2 \times 0,08 + (110- \\
& 108)^2 \times 0,08 + (110-112)^2 \times 0,04 + (111-112)^2 \times 0,04 + (112-112)^2 \times 0,04 + (113- \\
& 112)^2 \times 0,04 + (113-115)^2 \times 0,21 + (114-115)^2 \times 0,21 + (115-115)^2 \times 0,21 + (116- \\
& 115)^2 \times 0,21 + (116-118)^2 \times 0,13 + (117-118)^2 \times 0,13 + (118-118)^2 \times 0,13 + (119- \\
& 118)^2 \times 0,13 + (120-118)^2 \times 0,13 + (120-123)^2 \times 0,08 + (121-123)^2 \times 0,08 + (122- \\
& 123)^2 \times 0,08 + (123-123)^2 \times 0,08 + (124-123)^2 \times 0,08 + (125-123)^2 \times 0,08 + (125- \\
& 127)^2 \times 0,04 + (126-127)^2 \times 0,04 + (127-127)^2 \times 0,04 + (128-127)^2 \times 0,04 + (129- \\
& 127)^2 \times 0,04
\end{aligned}$$

e. Sub-image  $j=5$

Tabel 3.6 perhitungan *discrepancy image* pada *sub-image*  $j=5$

piksel	value	$l_s$	$l_f$	$l_{mm}$	$P_l^{I[0,L-1]}$
5	1	5	7	6	0.04
7	2	7	9	8	0.08
9	6	9	10	9.5	0.25
10	4	10	12	11	0.17
12	6	12	15	13.5	0.25
15	1	15	17	16	0.04
17	2	17	20	18.5	0.08
20	1	20	21	20.5	0.04
21	1	21			0.04

$$\begin{aligned}
Disc(j=5) = & (5-6)^2 \times 0,04 + (6-6)^2 \times 0,04 + (7-6)^2 \times 0,04 + (7-8)^2 \times 0,08 + (8-8)^2 \times 0,08 + (9- \\
& 8)^2 \times 0,08 + (9-9,5)^2 \times 0,25 + (10-9,5)^2 \times 0,25 + (10-11)^2 \times 0,17 + (11-11)^2 \times 0,17 + (12- \\
& 11)^2 \times 0,17 + (12-13,5)^2 \times 0,25 + (13-13,5)^2 \times 0,25 + (14-13,5)^2 \times 0,25 + (15-13,5)^2 \times 0,25 +
\end{aligned}$$

$$(15-16)^2 \times 0,04 + (16-16)^2 \times 0,04 + (17-16)^2 \times 0,04 + (17-18,5)^2 \times 0,08 + (18-18,5)^2 \times 0,08 + (19-18,5)^2 \times 0,08 + (20-18,5)^2 \times 0,08 + (20-20,5)^2 \times 0,04 + (21-20,5)^2 \times 0,04$$

f. *Sub-image j=6*

Tabel 3.7 perhitungan *discrepancy image* pada *sub-image j=7*

piksel	value	$l_s$	$l_f$	$l_{mm}$	$P_l^{I[0,L-1]}$
7	5	7	12	9.5	0.21
12	3	12	17	14.5	0.13
17	2	17	20	18.5	0.08
20	1	20	25	22.5	0.04
25	3	25	30	27.5	0.13
30	2	30	34	32	0.08
34	2	34	49	41.5	0.08
49	1	49	63	56	0.04
63	1	63	66	64.5	0.04
66	1	66	77	71.5	0.04
77	1	77	80	78.5	0.04
80	2	80			0.08

$$\begin{aligned} Disc(j=6) = & (7-9,5)^2 \times 0,21 + (8-9,5)^2 \times 0,21 + (9-9,5)^2 \times 0,21 + (10-9,5)^2 \times 0,21 + (11- \\ & 9,5)^2 \times 0,21 + (12-9,5)^2 \times 0,21 + (12-14,5)^2 \times 0,13 + (13-14,5)^2 \times 0,13 + (14-14,5)^2 \times 0,13 + \\ & (15-14,5)^2 \times 0,13 + (16-14,5)^2 \times 0,13 + (17-14,5)^2 \times 0,13 + (17-18,5)^2 \times 0,08 + (18- \\ & 18,5)^2 \times 0,08 + (19-18,5)^2 \times 0,08 + (20-18,5)^2 \times 0,08 + (20-22,5)^2 \times 0,04 + (21-22,5)^2 \times 0,04 \\ & + (22-22,5)^2 \times 0,04 + (23-22,5)^2 \times 0,04 + (24-22,5)^2 \times 0,04 + (25-22,5)^2 \times 0,04 + (25- \\ & 27,5)^2 \times 0,13 + (26-27,5)^2 \times 0,13 + (27-27,5)^2 \times 0,13 + (28-27,5)^2 \times 0,13 + (29-27,5)^2 \times 0,13 \\ & + (30-27,5)^2 \times 0,13 + (30-32)^2 \times 0,08 + (31-32)^2 \times 0,08 + (32-32)^2 \times 0,08 + (33-32)^2 \times 0,08 \\ & + (34-32)^2 \times 0,08 + (34-41,5)^2 \times 0,08 + (35-41,5)^2 \times 0,08 + (36-41,5)^2 \times 0,08 + (37- \\ & 41,5)^2 \times 0,08 + (38-41,5)^2 \times 0,08 + (39-41,5)^2 \times 0,08 + (40-41,5)^2 \times 0,08 + (41-41,5)^2 \times 0,08 \\ & + (42-41,5)^2 \times 0,08 + (43-41,5)^2 \times 0,08 + (44-41,5)^2 \times 0,08 + (45-41,5)^2 \times 0,08 + (46- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 41,5)^2 \times 0,08 + (47-41,5)^2 \times 0,08 + (48-41,5)^2 \times 0,08 + (49-41,5)^2 \times 0,08 + (49-56)^2 \times 0,04 + \\
& (50-56)^2 \times 0,04 + (51-56)^2 \times 0,04 + (52-56)^2 \times 0,04 + (53-56)^2 \times 0,04 + (54-56)^2 \times 0,04 + \\
& (55-56)^2 \times 0,04 + (57-56)^2 \times 0,04 + (58-56)^2 \times 0,04 + (59-56)^2 \times 0,04 + (60-56)^2 \times 0,04 + \\
& (61-56)^2 \times 0,04 + (62-56)^2 \times 0,04 + (63-56)^2 \times 0,04 + (63-64,5)^2 \times 0,04 + (64-64,5)^2 \times 0,04 \\
& + (65-64,5)^2 \times 0,04 + (66-64,5)^2 \times 0,04 + (66-71,5)^2 \times 0,04 + (67-71,5)^2 \times 0,04 + (68- \\
& 71,5)^2 \times 0,04 + (69-71,5)^2 \times 0,04 + (70-71,5)^2 \times 0,04 + (71-71,5)^2 \times 0,04 + (72-71,5)^2 \times 0,04 \\
& + (73-71,5)^2 \times 0,04 + (74-71,5)^2 \times 0,04 + (75-71,5)^2 \times 0,04 + (76-71,5)^2 \times 0,04 + (77- \\
& 71,5)^2 \times 0,04 + (77-78,5)^2 \times 0,04 + (78-78,5)^2 \times 0,04 + (79-78,5)^2 \times 0,04 + (80-78,5)^2 \times 0,04
\end{aligned}$$

g. *Sub-image j=7*

Tabel 3.8 perhitungan *discrepancy image* pada *sub-image j=7*

piksel	value	$ls$	$lf$	$lmm$	$P_l^{l[0,L-1]}$
35	1	35	37	36	0.04
37	1	37	38	37.5	0.04
38	3	38	41	39.5	0.13
41	2	41	48	44.5	0.08
48	4	48	49	48.5	0.17
49	1	49	75	62	0.04
75	1	75	77	76	0.04
77	1	77	80	78.5	0.04
80	1	80	83	81.5	0.04
83	1	83	87	85	0.04
87	1	87	90	88.5	0.04
90	2	90	94	92	0.08
94	1	94	119	107	0.04
119	2	119	126	123	0.08
126	1	126	165	146	0.04
165	1	165			0.04

$$\begin{aligned}
Disc(j=7) = & (35-36)^2 \times 0,04 + (36-36)^2 \times 0,04 + (37-36)^2 \times 0,04 + (37-37,5)^2 \times 0,04 + (38- \\
& 37,5)^2 \times 0,04 + (38-39,5)^2 \times 0,13 + (39-39,5)^2 \times 0,13 + (40-39,5)^2 \times 0,13 + (41-39,5)^2 \times 0,13
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + (41-44,5)^2 \times 0,08 + (42-44,5)^2 \times 0,08 + (43-44,5)^2 \times 0,08 + (44-44,5)^2 \times 0,08 + (45- \\
& 44,5)^2 \times 0,08 + (46-44,5)^2 \times 0,08 + (47-44,5)^2 \times 0,08 + (48-44,5)^2 \times 0,08 + (48-48,5)^2 \times 0,17 \\
& + (49-48,5)^2 \times 0,17 + (49-62)^2 \times 0,04 + (50-62)^2 \times 0,04 + (51-62)^2 \times 0,04 + (52-62)^2 \times 0,04 \\
& + (53-62)^2 \times 0,04 + (54-62)^2 \times 0,04 + (55-62)^2 \times 0,04 + (56-62)^2 \times 0,04 + (57-62)^2 \times 0,04 + \\
& (58-62)^2 \times 0,04 + (59-62)^2 \times 0,04 + (60-62)^2 \times 0,04 + (61-62)^2 \times 0,04 + (62-62)^2 \times 0,04 + \\
& (63-62)^2 \times 0,04 + (64-62)^2 \times 0,04 + (65-62)^2 \times 0,04 + (66-62)^2 \times 0,04 + (67-62)^2 \times 0,04 + \\
& (68-62)^2 \times 0,04 + (69-62)^2 \times 0,04 + (70-62)^2 \times 0,04 + (71-62)^2 \times 0,04 + (72-62)^2 \times 0,04 + \\
& (73-62)^2 \times 0,04 + (74-62)^2 \times 0,04 + (75-62)^2 \times 0,04 + (75-76)^2 \times 0,04 + (76-76)^2 \times 0,04 + \\
& (77-76)^2 \times 0,04 + (77-78,5)^2 \times 0,04 + (78-78,5)^2 \times 0,04 + (79-78,5)^2 \times 0,04 + (80- \\
& 78,5)^2 \times 0,04 + (80-81,5)^2 \times 0,04 + (81-81,5)^2 \times 0,04 + (82-81,5)^2 \times 0,04 + (83-81,5)^2 \times 0,04 \\
& + (83-85)^2 \times 0,04 + (84-85)^2 \times 0,04 + (85-85)^2 \times 0,04 + (86-85)^2 \times 0,04 + (87-85)^2 \times 0,04 + \\
& (87-88,5)^2 \times 0,04 + (88-88,5)^2 \times 0,04 + (89-88,5)^2 \times 0,04 + (90-88,5)^2 \times 0,04 + (90- \\
& 92)^2 \times 0,08 + (91-92)^2 \times 0,08 + (92-92)^2 \times 0,08 + (93-92)^2 \times 0,08 + (94-92)^2 \times 0,08 + (94- \\
& 107)^2 \times 0,04 + (95-107)^2 \times 0,04 + (96-107)^2 \times 0,04 + (97-107)^2 \times 0,04 + (98-107)^2 \times 0,04 + \\
& (99-107)^2 \times 0,04 + (100-107)^2 \times 0,04 + (101-107)^2 \times 0,04 + (102-107)^2 \times 0,04 + (103- \\
& 107)^2 \times 0,04 + (104-107)^2 \times 0,04 + (105-107)^2 \times 0,04 + (106-107)^2 \times 0,04 + (107- \\
& 107)^2 \times 0,04 + (108-107)^2 \times 0,04 + (109-107)^2 \times 0,04 + (110-107)^2 \times 0,04 + (111- \\
& 107)^2 \times 0,04 + (112-107)^2 \times 0,04 + (113-107)^2 \times 0,04 + (114-107)^2 \times 0,04 + (115- \\
& 107)^2 \times 0,04 + (116-107)^2 \times 0,04 + (117-107)^2 \times 0,04 + (118-107)^2 \times 0,04 + (119- \\
& 107)^2 \times 0,04 + (119-123)^2 \times 0,08 + (120-123)^2 \times 0,08 + (121-123)^2 \times 0,08 + (122- \\
& 123)^2 \times 0,08 + (123-123)^2 \times 0,08 + (124-123)^2 \times 0,08 + (125-123)^2 \times 0,08 + (126- \\
& 123)^2 \times 0,08 + (126-146)^2 \times 0,04 + (127-146)^2 \times 0,04 + (128-146)^2 \times 0,04 + (129- \\
& 146)^2 \times 0,04 + (130-146)^2 \times 0,04 + (131-146)^2 \times 0,04 + (132-146)^2 \times 0,04 + (133- \\
& 146)^2 \times 0,04 + (134-146)^2 \times 0,04 + (135-146)^2 \times 0,04 + (136-146)^2 \times 0,04 + (137- \\
& 146)^2 \times 0,04 + (138-146)^2 \times 0,04 + (139-146)^2 \times 0,04 + (140-146)^2 \times 0,04 + (141- \\
& 146)^2 \times 0,04 + (142-146)^2 \times 0,04 + (143-146)^2 \times 0,04 + (144-146)^2 \times 0,04 + (145- \\
& 146)^2 \times 0,04 + (146-146)^2 \times 0,04 + (147-146)^2 \times 0,04 + (148-146)^2 \times 0,04 + (149- \\
& 146)^2 \times 0,04 + (150-146)^2 \times 0,04 + (151-146)^2 \times 0,04 + (152-146)^2 \times 0,04 + (153- \\
& 146)^2 \times 0,04 + (154-146)^2 \times 0,04 + (155-146)^2 \times 0,04 + (156-146)^2 \times 0,04 + (157-
\end{aligned}$$

$$146)^2 \times 0,04 + (158-146)^2 \times 0,04 + (159-146)^2 \times 0,04 + (160-146)^2 \times 0,04 + (161-146)^2 \times 0,04 + (162-146)^2 \times 0,04 + (163-146)^2 \times 0,04 + (164-146)^2 \times 0,04 + (165-146)^2 \times 0,04$$

h. *Sub-image j=8*

Tabel 3.9 perhitungan *discrepancy image* pada *sub-image j=8*

piksel	value	$l_s$	$l_f$	$l_{mm}$	$P_l^{l[0,L-1]}$
85	2	85	86	85.5	0.08
86	2	86	94	90	0.08
94	3	94	100	97	0.13
100	1	100	107	104	0.04
107	2	107	117	112	0.08
117	1	117	121	119	0.04
121	1	121	124	123	0.04
124	1	124	133	129	0.04
133	1	133	137	135	0.04
137	1	137	142	140	0.04
142	1	142	146	144	0.04
146	1	146	148	147	0.04
148	3	148	154	151	0.13
154	2	154	161	158	0.08
161	2	161			0.08

$$\begin{aligned} Disc(j=8) = & (85-85,5)^2 \times 0,08 + (86-85,5)^2 \times 0,08 + (86-90)^2 \times 0,08 + (87-90)^2 \times 0,08 + \\ & (88-90)^2 \times 0,08 + (89-90)^2 \times 0,08 + (89-90)^2 \times 0,08 + (90-90)^2 \times 0,08 + (91-90)^2 \times 0,08 + \\ & (92-90)^2 \times 0,08 + (93-90)^2 \times 0,08 + (94-90)^2 \times 0,08 + (94-97)^2 \times 0,13 + (95-97)^2 \times 0,13 + \\ & (96-97)^2 \times 0,13 + (97-97)^2 \times 0,13 + (98-97)^2 \times 0,13 + (99-97)^2 \times 0,13 + (100-97)^2 \times 0,13 + \\ & (100-104)^2 \times 0,04 + (101-104)^2 \times 0,04 + (102-104)^2 \times 0,04 + (103-104)^2 \times 0,04 + (104- \\ & 104)^2 \times 0,04 + (105-104)^2 \times 0,04 + (106-104)^2 \times 0,04 + (107-104)^2 \times 0,04 + (107- \\ & 112)^2 \times 0,08 + (108-112)^2 \times 0,08 + (109-112)^2 \times 0,08 + (110-112)^2 \times 0,08 + (111- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 112)^2 \times 0,08 + (112-112)^2 \times 0,08 + (113-112)^2 \times 0,08 + (114-112)^2 \times 0,08 + (115- \\
& 112)^2 \times 0,08 + (116-112)^2 \times 0,08 + (117-112)^2 \times 0,08 + (117-119)^2 \times 0,04 + (118- \\
& 119)^2 \times 0,04 + (119-119)^2 \times 0,04 + (120-119)^2 \times 0,04 + (121-119)^2 \times 0,04 + (121- \\
& 123)^2 \times 0,04 + (122-123)^2 \times 0,04 + (123-123)^2 \times 0,04 + (124-123)^2 \times 0,04 + (124- \\
& 129)^2 \times 0,04 + (125-129)^2 \times 0,04 + (126-129)^2 \times 0,04 + (127-129)^2 \times 0,04 + (128- \\
& 129)^2 \times 0,04 + (129-129)^2 \times 0,04 + (130-129)^2 \times 0,04 + (131-129)^2 \times 0,04 + (132- \\
& 129)^2 \times 0,04 + (133-129)^2 \times 0,04 + (133-135)^2 \times 0,04 + (134-135)^2 \times 0,04 + (135- \\
& 135)^2 \times 0,04 + (136-135)^2 \times 0,04 + (137-135)^2 \times 0,04 + (137-140)^2 \times 0,04 + (138- \\
& 140)^2 \times 0,04 + (139-140)^2 \times 0,04 + (140-140)^2 \times 0,04 + (141-140)^2 \times 0,04 + (142- \\
& 140)^2 \times 0,04 + (142-144)^2 \times 0,04 + (143-144)^2 \times 0,04 + (144-144)^2 \times 0,04 + (145- \\
& 144)^2 \times 0,04 + (146-144)^2 \times 0,04 + (146-147)^2 \times 0,04 + (147-147)^2 \times 0,04 + (148- \\
& 147)^2 \times 0,04 + (148-151)^2 \times 0,13 + (149-151)^2 \times 0,13 + (150-151)^2 \times 0,13 + (151- \\
& 151)^2 \times 0,13 + (152-151)^2 \times 0,13 + (153-151)^2 \times 0,13 + (154-151)^2 \times 0,13 + (154- \\
& 158)^2 \times 0,08 + (155-158)^2 \times 0,08 + (156-158)^2 \times 0,08 + (157-158)^2 \times 0,08 + (158- \\
& 158)^2 \times 0,08 + (159-158)^2 \times 0,08 + (160-158)^2 \times 0,08 + (161-158)^2 \times 0,08
\end{aligned}$$

b. Thresholding

Setelah dilakukan perhitungan nilai discrepancy (*histeq*) pada setiap sub-image, selanjutnya dilakukan thresholding dengan metode otsu:

1. Langkah awal yang dilakukan adalah menghitung histogram probabilitas dari citra.

$$P_i = \frac{n_i}{MN} \quad (3.5)$$

Dengan  $n_i$  adalah jumlah piksel pada tiap intensitas dan  $MN$  adalah jumlah semua  $n_i$  mulai dari  $n_0$  sampai  $n_{L-1}$ .

Tabel 3.10 Perhitungan nilai probabilitas pada *subimage*  $j = 1$ 

$I$	$n_i$	$p_i$
14	2	$2/24 = 0.08$
17	2	0.08
18	1	0.04
20	2	0.08
21	1	0.04
25	1	0.04
26	1	0.04
46	3	0.13
47	1	0.04
49	1	0.04
53	1	0.04
60	1	0.04
62	2	0.08
69	1	0.04
72	2	0.08
77	2	0.08

2. Menghitung jumlah kumulatif (cumulative sum) dari  $P_1(k)$ , untuk  $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$  dengan menggunakan rumus :

$$P_1(k) = \sum_{i=0}^k p_i \quad (3.6)$$

Tabel 3.11 Perhitungan jumlah kumulatif

$p_i$	$p_l$
0.08	0.08
0.08	0.17
0.04	0.21
0.08	0.29
0.04	0.33
0.04	0.38
0.04	0.42
0.13	0.54
0.04	0.58
0.04	0.63
0.04	0.67
0.04	0.71
0.08	0.79
0.04	0.83
0.08	0.92
0.08	1.00

3. Menghitung nilai rata-rata kumulatif (cumulative mean),  $m(k)$  untuk  $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$  dengan menggunakan rumus :

$$m(k) = \sum_{i=0}^k ip_i \quad (3.7)$$

Tabel 3.12 Perhitungan rata-rata kumulatif

$I$	$P_i$	$PI(k)$	$i \cdot p_i$	$m(k)$
14	0.08	0.08	1.17	1.17
17	0.08	0.17	1.42	2.58
18	0.04	0.21	0.75	3.33
20	0.08	0.29	1.67	5.00
21	0.04	0.33	0.88	5.88
25	0.04	0.38	1.04	6.92
26	0.04	0.42	1.08	8.00
46	0.13	0.54	5.75	13.75
47	0.04	0.58	1.96	15.71
49	0.04	0.63	2.04	17.75
53	0.04	0.67	2.21	19.96
60	0.04	0.71	2.50	22.46
62	0.08	0.79	5.17	27.63
69	0.04	0.83	2.88	30.50
72	0.08	0.92	6.00	36.50
77	0.08	1.00	6.42	42.92

4. Menghitung nilai rata-rata intensitas global,  $m_G$  menggunakan rumus

$$m_G = \sum_{i=0}^{L-1} i p_i \quad (3.8)$$

Tabel 3.13 Perhitungan rata-rata intensitas global

$I$	$P_i$	$i.p_i$	$mG$
14	0.08	1.17	$m_G = \sum_{i=0}^{L-1} i.p_i$ $m_G = \sum_0^{255} i.p_i$ $= 42.92$
17	0.08	1.42	
18	0.04	0.75	
20	0.08	1.67	
21	0.04	0.88	
25	0.04	1.04	
26	0.04	1.08	
46	0.13	5.75	
47	0.04	1.96	
49	0.04	2.04	
53	0.04	2.21	
60	0.04	2.50	
62	0.08	5.17	
69	0.04	2.88	
72	0.08	6.00	
77	0.08	6.42	

5. Menghitung nilai varians antar kelas (between-class variance),  $\sigma_B^2(k)$

dengan menggunakan rumus :

$$\sigma_B^2(k) = \frac{mGP1(k) - m(k)^2}{P1(k) [1 - P1(k)]} \quad (3.9)$$

Tabel 3.14 Perhitungan nilai varians antar kelas

$I$	$PI(k)$	$i.p_i$	$m(k)$	$mG$	$\sigma_B^2$
14	0.08	1.17	1.17	42.92	76.02
17	0.17	1.42	2.58	42.92	150.33
18	0.21	0.75	3.33	42.92	190.66
20	0.29	1.67	5.00	42.92	273.53
21	0.33	0.88	5.88	42.92	319.83
25	0.38	1.04	6.92	42.92	359.33
26	0.42	1.08	8.00	42.92	401.77
46	0.54	5.75	13.75	42.92	363.26
47	0.58	1.96	15.71	42.92	357.87
49	0.63	2.04	17.75	42.92	351.22
53	0.67	2.21	19.96	42.92	336.92
60	0.71	2.50	22.46	42.92	305.23
62	0.79	5.17	27.63	42.92	244.54
69	0.83	2.88	30.50	42.92	199.50
72	0.92	6.00	36.50	42.92	105.61
77	1.00	6.42	42.92	42.92	0

6. Menghitung separability measurement,  $\eta^*$  pada  $k=k^*$  dengan menggunakan rumus

$$\eta(k) = \frac{\sigma_B^2(k)}{\sigma_G^2} \quad (3.10)$$

Sedangkan,

$$\sigma_G^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (1 - m_G)^2 p_i \quad (3.11)$$

Nilai  $k$  adalah pada saat  $\sigma_B^2(k)$  maksimum yaitu pada piksel 26

Tabel 3.15 perhitungan separability measurement

i	Pi	P1(k)	m(k)	mG	$\sigma_B^2$	$\sigma_G^2$	$\eta(k)$
14	0.08	0.08	1.17	42.92	76.02	146.42	0.52
17	0.08	0.17	2.58	42.92	150.33	146.42	1.03
18	0.04	0.21	3.33	42.92	190.66	73.21	2.60
20	0.08	0.29	5.00	42.92	273.53	146.42	1.87
21	0.04	0.33	5.88	42.92	319.83	73.21	4.37
25	0.04	0.38	6.92	42.92	359.33	73.21	4.91
26	0.04	0.42	8.00	42.92	401.77	73.21	5.49
46	0.13	0.54	13.75	42.92	363.26	219.63	1.65
47	0.04	0.58	15.71	42.92	357.87	73.21	4.89
49	0.04	0.63	17.75	42.92	351.22	73.21	4.80
53	0.04	0.67	19.96	42.92	336.92	73.21	4.60
60	0.04	0.71	22.46	42.92	305.23	73.21	4.17
62	0.08	0.79	27.63	42.92	244.54	146.42	1.67
69	0.04	0.83	30.50	42.92	199.50	73.21	2.73
72	0.08	0.92	36.50	42.92	105.61	146.42	0.72
77	0.08	1.00	42.92	42.92	0	146.42	0

Nilai *threshold* diperoleh dengan memilih indek yang memiliki nilai varian antar kelas tertinggi. Kemudian dilakukan perbandingan nilai piksel dengan nilai  $T$ , jika nilai piksel lebih besar atau sama dengan nilai  $T$ , maka nilai piksel dirubah menjadi 1, sebaliknya jika nilai piksel kurang dari nilai  $T$  maka nilai piksel dirubah menjadi 0.

Tabel 3.16 Perhitungan nilai piksel setelah dilakukan *threshold*

Nilai piksel	Nilai piksel setelah dithreshold $k = 26$
14	0
17	0
18	0
20	0
21	0
25	0
26	1
46	1
47	1
49	1
53	1
60	1
62	1
69	1
72	1
77	1

### 3.7 Implementasi Aplikasi

Implementasi aplikasi dibangun menggunakan bahasa pemrograman java. Rancang bangun aplikasi ini menggunakan dua kelas yaitu :

- a) Kelas *GUIskripsi.java*, mengatur antar muka aplikasi dan berfungsi sebagai *main class* yaitu mengeksekusi *method* yang ada pada kelas *skripsi.java*
- b) Kelas *skripsi.java*, berisi *method* yang akan dieksekusi pada kelas *Guiskripsi.java*.

#### 3.7.1 Implemetasi citra *grayscale*

Citra masukan berupa citra RGB sehingga perlu adanya fungsi dalam program untuk mengkonversi citra menjadi citra *grayscale* sehingga mempermudah

perhitungan pada tahapan selanjutnya. Antarmuka konversi citra *grayscale* ditunjukkan pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Antarmuka proses *grayscale*

Pada kelas *GUIskripsi.java*, *JButton* dengan nama *Grayscale* mengeksekusi method *RGB2Grey( )* menggunakan *sourcecode* pada gambar 3.12. Fungsi *RGB2Grey( )* berisi *sourcecode* konversi *grayscale* pada gambar 3.13

```
private void GrayscaleActionPerformed(java.awt.event.ActionEvent
evt) {
// TODO add your handling code here:
try{
//===Memanggil dan menampilkan grayscale pada antarmuka aplikasi
ImageIcon icon = new ImageIcon(skrip.RGB2Grey());
lb_gray.setIcon(icon);
repaint();
}
catch (Exception e){
System.out.println("Belum Input Citra");
}
}
```

Gambar 3.12 *Sourcecode* konversi *grayscale* pada kelas *GUIskripsi.java*

```

public Image RGB2Grey(){
    int size = width * height;
    grey2D = new int[width][height];
    grey = new int[size];
    int counter = 0;
    double r;
    double g;
    double b;
    // ===== perhitungan nilai R, G, B =====
    for (int x = 0; x < height; x++){
        for (int y = 0; y < width; y++){

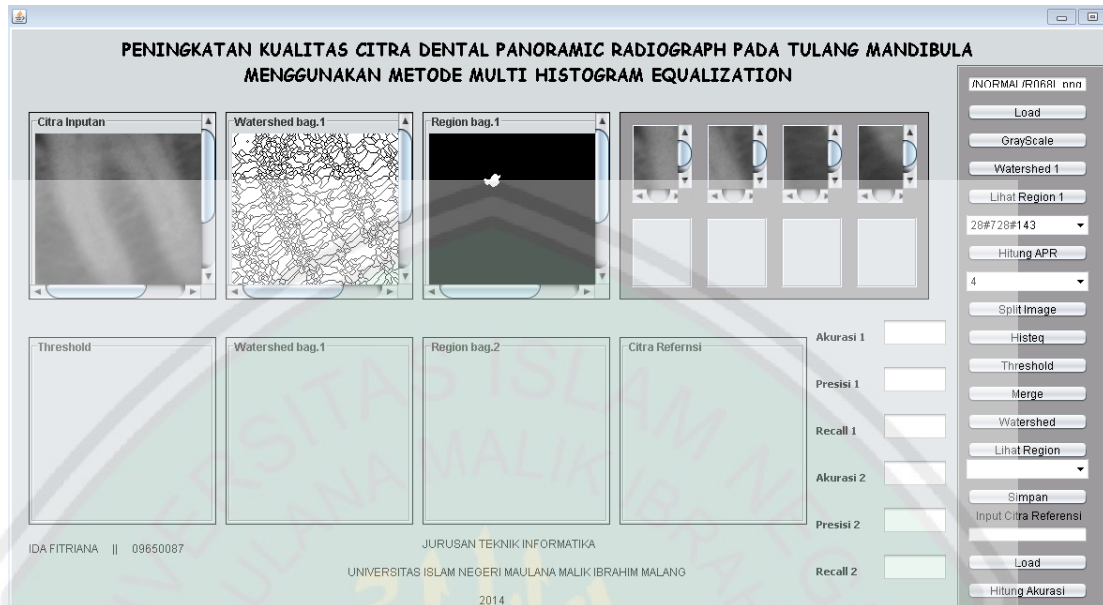
            r = (double) (0.299 * pixels[0][x][y]);
            g = (double) (0.587 * pixels[1][x][y]);
            b = (double) (0.114 * pixels[2][x][y]);
        //== array grey menyimpan nilai pixel grayscale pada indeks
        counter==//
            grey[counter] = (int) (r+g+b);
        //== array grey2D = 2 dimensi, utk mempermudah perhitungan 1
        gambar==//
            grey2D[x][y] = (int) (r + g + b)
        //== hitung berulang ===//
            counter++;
        }
    }
    ImageProducer ip = new MemoryImageSource(width, height,
    greyModel, grey, 0, width);
    return Toolkit.getDefaultToolkit().createImage(ip);
}

```

Gambar 3.13 Sourcecode grayscale pada kelas *skripsi.java*

### 3.7.2 Implementasi *split image*

Implementasi *split image* yaitu membagi satu *image* menjadi beberapa *image* kecil, yang kemudian diterapkan proses *histogram equalization* pada setiap *image* kecil tersebut (*sub-image*). Gambar 3.14 menunjukkan antarmuka proses *split image*. Sourcecode program *split image* pada kelas *skripsi.java* ditunjukkan pada gambar 3.15.

Gambar 3.14 Antarmuka *split image*

```

public int [][][] split() throws IOException{
// === rc adalah banyaknya image kecil yg telah dipecah ===//
int rc = rows * cols;
//=== ukuran untuk image kecil (sub-image) ===//
int rcwidth = width / cols; //16/4=4
int rcHeight = height / rows; //12/2=6
int count = 0;
int byk_img = rows * cols;
int byk_piks = rcwidth * rcHeight;
//=== menyimpan nilai array 3 dimensi (byk img, tinggi, lebar)
image_buffer = new int[byk_img][rcHeight][rcwidth];
BufferedImage imgs[] = new BufferedImage[rc];

//=====perulangan citra pecahan kecil=====
for (int x = 0; x < rows; x++){
    for (int y = 0; y < cols; y++){
        imgs[count] = new BufferedImage(rcwidth, rcHeight,
BufferedImage.TYPE_BYTE_GRAY);
//=== SIMPAN image kecil ARRAY ke 3 dimensi===//
// ===== memecah image kecil ===//
        int xmin = rcHeight * x;
            int xmax = (rcHeight * x) + rcHeight;
            int ymin = rcwidth * y;
            int ymax = (rcwidth * y) + rcwidth;
            int ix = 0;
            int iy = 0;

// =====mengisi array=====
        for (int xx = xmin; xx < xmax; xx++){

```

```

                for (int yy = ymin; yy < ymax; yy++)
// =====menentukan nilai indeks ii=====
                int ii = (xx * width) + yy;
// ===mengambil nilai indeks ii untuk disimpan ke image buffer===
                image_buffer[count][ix][iy] = grey[ii];
                iy++;
            }
            iy = 0;
            ix++;
        }
        ix = 0; //reset dari citra pertama ke selanjutnya
        iy = 0; // reset
        Graphics2D gr = imgs[count++].createGraphics();
        gr.drawImage(image, 0, 0, rcwidth, rcHeight, rcwidth
* y, rcHeight * x, rcwidth * y + rcwidth, rcHeight * x +
rcHeight, null);
        gr.dispose();
    }
}
//=== pemecahan gambar disimpan dalam directory
//System.out.println("Splitting done");
for (int i = 0; i < imgs.length; i++){
    ImageIO.write(imgs[i], "jpg", new File("img " + i +
".jpg"));
}
return image_buffer;
}

```

Gambar 3.15 Sourcecode split image

### 3.7.3 Implementasi *Multi-Histogram Equalization*

Implementasi *histogram equalization* ini diterapkan pada pada setiap *image* kecil (*sub-image*). *Sourcecode multi-histogram equalization* pada kelas *skripsi.java* ditunjukkan pada gambar 3.16.

```

public void histeq(int [][][] buffers){
    double jumlah = 0;
    int buffer_height = buffers[0].length;
    int buffer_width = buffers[0][0].length;
    int piksel[] = new int[buffer_width * buffer_height];
    int buffer_size = buffer_width * buffer_height;
    buffer_length=buffers.length;
    histogram = new double[buffers.length][2][256];
    value_disc= new double[buffers.length][256];
//=== j = banyaknya sub-image===

```

```

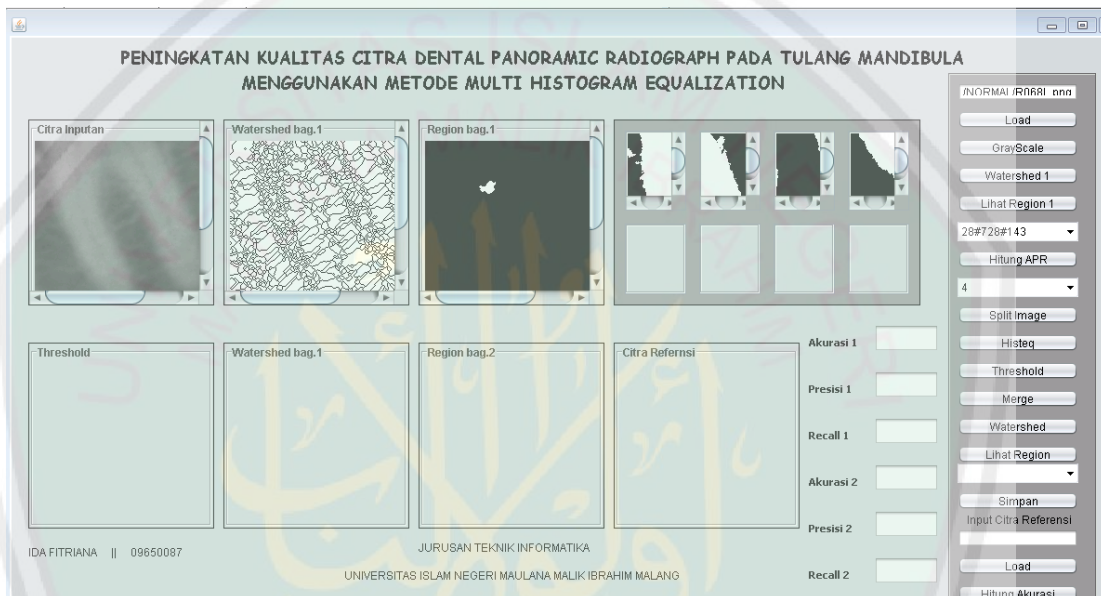
    for (int j = 0; j < buffers.length; j++){
        for (int x = 0; x < buffer_height; x++){
            for (int y = 0; y < buffer_width; y++){
//=== j = sub-image, x=height, y=width===//
                int index = buffers[j][x][y];
//=====ini piksel yg pertama =====
                int value = (int) histogram[j][0][index];
                int value_temp = value+1;
                histogram[j][0][index] = value_temp;
            }
        }
    }
//----- HIstogram Probabilitas -----
    int y=0;
    int x=0;
    double lmm = 0;
    double sub_disc=0;
    for (int j = 0; j < histogram.length; j++){
        for (int i = 0; i <= 255; i++){
            double ni = histogram[j][0][i];
            double hi = ni/buffer_size;
            histogram[j][1][i]= hi;
            jumlah += hi;
            if(histogram[j][0][i] != 0.0){
                if(x!=0 && y<i){
                    int ls = y;
                    int lf = i;
//=== menghitung nilai lmm ===//
                    lmm = (lf+ls)/2.0;
                    double disc = 0;
//=== menghitung nilai discrepancy===//
                    for (int k = y; k <= lf; k++){
                        double pangkat=(Math.pow(k-lmm, 2)*hi);
                        disc = disc + pangkat;
                    }
                    sub_disc= sub_disc + disc;
// ===menyimpan data discrepancy pada setiap sub image=====
                    value_disc[j][i]=disc;
                }
                x=x+1;
            }
            y=i;
        }
    }
    if(jumlah!=0){
        jumlah = 0;
    }
}

```

Gambar 3.16 Sourcecode multi-histeq

### 3.7.4 Implementasi *Thresholding*

Implementasi *thresholding* ini dilakukan pada setiap image kecil yang sudah diterapkan proses *split image*. Gambar 3.17 menunjukkan antarmuka proses *thresholding* *Sourcecode threshold* pada kelas *skripsi.java* ditunjukkan pada gambar 3.18.



Gambar 3.17 Antarmuka *thresholding* pada setiap *image* kecil

```
public int[] thresholding(int [][][] buffer){
    int[] T = new int[buffer.length];
    // =====posisi "[]" dimensi kedua=====
    int buffer_height = buffer[0].length;
    // =====posisi [] dimensi ketiga =====
    int buffer_width = buffer[0][0].length;
    float [] cumsum = new float [buffer.length]; //==p1(k)
    double CumsumIdx;
    float [] cummean = new float [buffer.length]; //==m(k)
    double [] global = new double [buffer.length]; //==mG
    float varian = 0; //=====bcv
    maxVarian = new float[buffer.length];
    maxColIdx=new int[buffer.length];
    int threshold[] = new int[buffer_width * buffer_height];
    int satu[] = new int[buffer_width * buffer_height];
    //=====berulang sebanyak sub image=====
    for (int iS=0;iS<buffer.length;iS++){
```

```

        CumsumIdx = 0;
        for(int ColIdx=0;ColIdx<255;ColIdx++){
            CumsumIdx+=ColIdx*histogram[iS][1][ColIdx];
        }
        global[iS]=CumsumIdx;
    }

    for(int iS=0;iS<buffer.length;iS++){
        cumsum[iS]=0;
        cummean[iS]=0;
        maxVarian[iS]=0;
        for(int ColIdx=0;ColIdx<255;ColIdx++){
            if (histogram[iS][0][ColIdx]>0){
//mengambil nilai histogram probabilitas dari sub image ke iS
// =====dari Color Level 1 - 255 =====
                cumsum[iS]+=histogram[iS][1][ColIdx];
                cummean[iS]+=ColIdx * histogram[iS][1][ColIdx];
                varian = (float) ((global[iS] * cumsum[iS]) -
cummean[iS]);
                varian *= varian;
                float pembagi=cumsum[iS] * (1 - cumsum[iS]);
                if (pembagi==0){
                    varian=0;
                }else{
                    varian /= pembagi;
                }

                if (varian>maxVarian[iS]){
                    maxVarian[iS]=varian;
                    maxColIdx[iS]=ColIdx;
                }
            }
        }
    }
// end of color index
    T[iS] = maxColIdx[iS];
}
//end of index sub image
//mengambil nilai M(K) komulatif
return T;
}

```

Gambar 3.18 Sourcecode thresholding

### 3.7.5 Implementasi Merge Image

Implementasi *merge image* ini merupakan proses penggabungan beberapa *image* kecil hasil dari *split image* yang sudah diterapkan *threshold*, menjadi satu *image* besar. Gambar 3.19 menunjukkan antarmuka proses *merge image*. Sourcecode *merge* pada kelas *skripsi.java* ditunjukkan pada gambar 3.20.



Gambar 3.19 Antarmuka proses *merge image*

```

public int[][] mergeImage(int [][][] buffered) {
    int height_sub = buffered[0].length;
    int width_sub = buffered[0][0].length;
    int merge_height = buffered[0].length * rows;
    int merge_width = buffered[0][0].length * cols;
    int[][] mergeImg = new int[merge_height][merge_width];
    for (int is = 0; is < buffered.length; is++) {
        for (int x = 0; x < height_sub; x++) {
            for (int y = 0; y < width_sub; y++) {
                if (is < cols) {
                    int y_merge = (is * width_sub) + y; // (merge_width * x) +
                    int x_merge = x;
                    mergeImg[x_merge][y_merge] = buffered[is][x][y];
                } else if (is >= cols) {
                    int y_merge = (((is % cols)) *
width_sub) + y; // (merge_width * x) +
                    int x_merge = (((int)is/cols)*height_sub) + x;
                    mergeImg[x_merge][y_merge] = buffered[is][x][y];
                }
            }
        }
    }
    return mergeImg;
}

```

Gambar 3.20 Sourcecode *merge image*

### 3.7.6 Implementasi *Watershed*

Implementasi *watershed* menggunakan fungsi *matlab* namun dijalankan pada bahasa pemrograman java dengan menggunakan *matlabcontrol-4.0.0.jar*. Gambar 3.21 menunjukkan antarmuka proses *watershed*.



Gambar 3.21 Antarmuka *watershed*

Sourcecode *watershed* pada kelas *skripsi.java* ditunjukkan pada gambar 3.22.

```
public double[][] watershed(double[][] pix_value) throws
MatlabConnectionException, MatlabInvocationException {
//=====menyimpan hasil watershed =====
    double [][]pix_wat = new double[height][width];
    try {
// =====Menciptakan koneksi=====
        MatlabProxyFactoryOptions option = new
        MatlabProxyFactoryOptions.Builder().setUsePreviouslyControl
        ledSession(true).build();
        MatlabProxyFactory factory = new
        MatlabProxyFactory(option);
        MatlabProxy proxy = factory.getProxy();
        MatlabTypeConverter processor = new
        MatlabTypeConverter(proxy);
//==mengirim variabel array "I" yg berisi array gray_pix ==
//=====array I dikirim ke matlab =====
        processor.setNumericArray("I", new
```

```

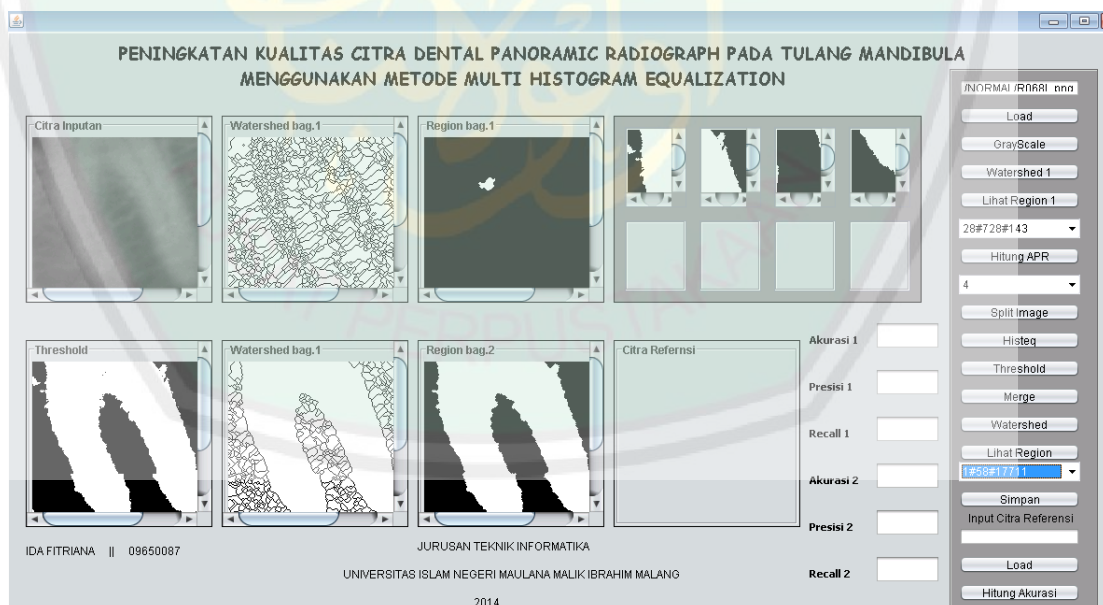
        MatlabNumericArray(pix_value, null));
//=====mengirim souce code ke matlab =====
        proxy.eval("a = watershed(I, 4);");
//===mengambil nilai array watershed dari matlab disimpan di
array pix_wat===
        pix_wat = processor.getNumericArray("a").getRealArray2D();
        proxy.disconnect();
        } catch (MatlabInvocationException ex) {
Logger.getLogger(skripsi.class.getName()).log(Level.SEVERE,
null, ex);
}
        return pix_wat;
}

```

Gambar 3.22 Sourcecode watershed

### 3.7.7 Implementasi *Burble Sort Descending*

Tahapan ini mengurutkan *region* hasil dari transformasi *watershed* dari terbesar hingga terkecil dan menampilkan *region* pada antarmuka aplikasi. *Sourcecode* proses ini ditunjukkan pada gambar 3.24



Gambar 3.23 Antarmuka pengurutan *region*

```

//=====
// =====PROSES REGION WATERSHED
//=====
//***** Mengelompokkan piksel*****
public int[][] pengelompokan_piksel(int maks, int[][] segmen){
    int[][] piksel_wtrshd = new int[2][maks+1];
    for(int x=0; x<segmen.length; x++){
        for(int y=0; y < segmen[0].length; y++){
            int idx= segmen[x][y];
            if(idx != 0){
                int val = piksel_wtrshd[1][idx];
                int val_temp = val+1;
                piksel_wtrshd[1][idx]=val_temp;
            }
        }
    }
    return piksel_wtrshd;
}

//***** Mengambil nilai piksel dengan mengurutkan jumlah piksel
(desc) *****
public int[] mengurutkan_piksel(int[][] value){
    int sort[]=new int[(value[0].length)-1];
    for(int i=0; i< sort.length; i++){
        sort[i]=i+1;
    }
    for(int i=(sort.length-1); i>=0 ; i--){
        int val_i=value[1][sort[i]];
        for(int p=0; p<i; p++){
            int val_p = value[1][sort[p]];
            int val_q = value[1][sort[p+1]];
            if(val_p < val_q){
                int sort_temp = sort[p];
                sort[p]=sort[p+1];
                sort[p+1]=sort_temp;
            }
        }
    }
    return sort;
}

//***** Menampilkan region pada antarmuka aplikasi *****
public Image view_region(int px1, int[][] segmen){
    int display[]=new int [segmen.length * segmen[0].length];
    int idx =0;
    for(int x=0; x< segmen.length; x++){
        for(int y=0; y< segmen[0].length; y++){
            int i = (width * x) + y;
            if(segmen[x][y] == px1){
                display[i]=255;
            }
        }
    }
}

```

```

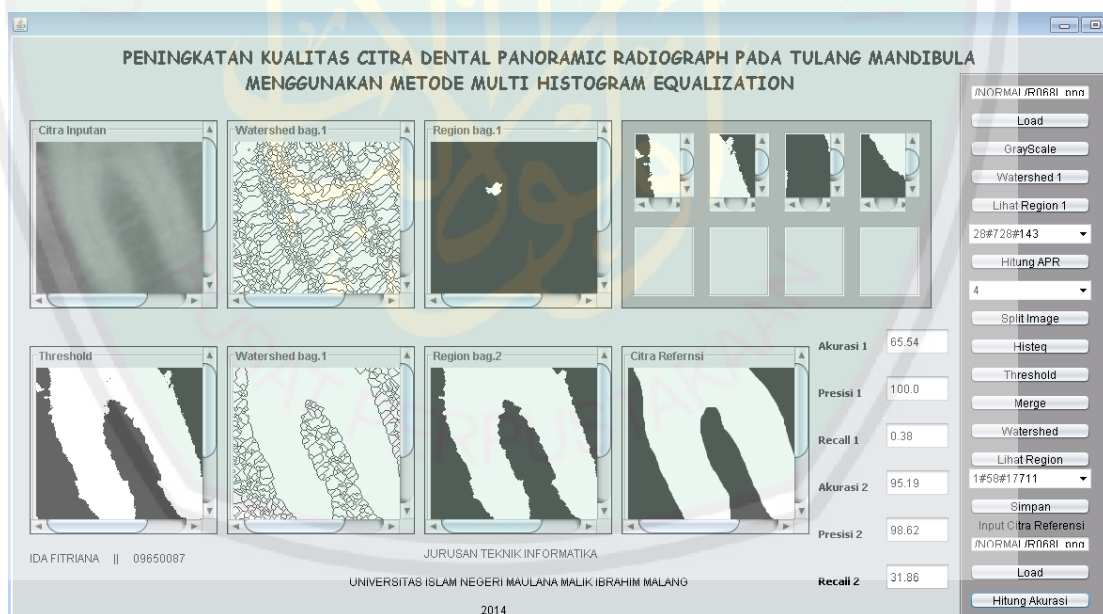
        }else{
            display[i]=0;
        }
    }
}
ImageProducer ip = new MemoryImageSource(width, height,
greyModel, display, 0, width);
return Toolkit.getDefaultToolkit().createImage(ip);
}

```

Gambar 3.24 Sourcecode pengurutan region

### 3.7.8 Implementasi akurasi , presisi, recall

Pengukuran ini melibatkan citra biner hasil segmentasi dan citra referensi. Citra referensi merupakan citra biner yang telah mensegmentasi tulang mandibula secara manual dengan aplikasi tambahan. Tampilan antarmuka penerapan akurasi, presisi, dan *recall* ditunjukkan pada gambar 3.25



Gambar 3.25 Antarmuka proses akurasi, presisi, dan recall

```
//==== Menghitung tn, tp, fn, fp =====
public void ROC(boolean citra_A[][], boolean citra_B[][]){
    tn=0; tp=0; fn=0; fp=0;
    sigma_TN=0;sigma_TP=0;sigma_FP=0;sigma_FN=0;
    for(int x=0; x < citra_A.length; x++){
        for(int y=0; y < citra_A[0].length; y++){
            if(citra_A[x][y]==true && citra_B[x][y]==false){//true-
negative
                this.sigma_TN++;//tn++;
            }else if(citra_A[x][y]==true &&
citra_B[x][y]==true){//true-positive
                this.sigma_TP++;//tp++;
            }else if(citra_A[x][y]==false &&
citra_B[x][y]==true){//false-positive
                this.sigma_FP++;//fp++;
            }else if(citra_A[x][y]==false &&
citra_B[x][y]==false){//true-negative
                this.sigma_FN++;//fn++;
            }
        }
    }
    tn=sigma_TN; tp=sigma_TP; fp=sigma_FP; fn=sigma_FN;
    System.out.print(tn+"\t"+tp+"\t"+fn+"\t"+fp+"\t");
}
}
```

Gambar 3.26 Sourcecode perhitungan tn,tp,fn, dan fp

```
//***** Mengukur akurasi citra *****
public double hitung_akurasi(){
    double akurasi=(double)((tp + fn)*100)/(tp+fp+fn+tn);
    int decimalPlace=2;
    BigDecimal bd1 = new BigDecimal(akurasi);
    bd1=bd1.setScale(decimalPlace, BigDecimal.ROUND_UP);
    akurasi=bd1.doubleValue();
    return akurasi;
}

//***** Mengukur Presisi Citra *****
public double hitung_presisi(){
    double presisi= (double)(tp* 100 )/ (tp + fp);
    int decimalPlace=2;
    BigDecimal bd1 = new BigDecimal(presisi);
    bd1=bd1.setScale(decimalPlace, BigDecimal.ROUND_UP);
    presisi=bd1.doubleValue();
    return presisi;
}
}
```

```
//***** Mengukur Recall Citra *****  
public double hitung_recall(){  
    double recall=(double) (tp*100)/(tp+fn);  
    int decimalPlace=2;  
    BigDecimal bd1 = new BigDecimal(recall);  
    bd1=bd1.setScale(decimalPlace, BigDecimal.ROUND_UP);  
    recall=bd1.doubleValue();  
    return recall;  
}
```

Gambar 3.27 *Sourcecode* perhitungan akurasi, presisi, dan *recall*



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai rangkaian uji coba terhadap aplikasi peningkatan kualitas citra pada tulang mandibula menggunakan *multi-histogram equalization*. Uji coba dilakukan untuk mengetahui sejauh mana keberhasilan dari metode yang digunakan pada aplikasi yang dibangun.

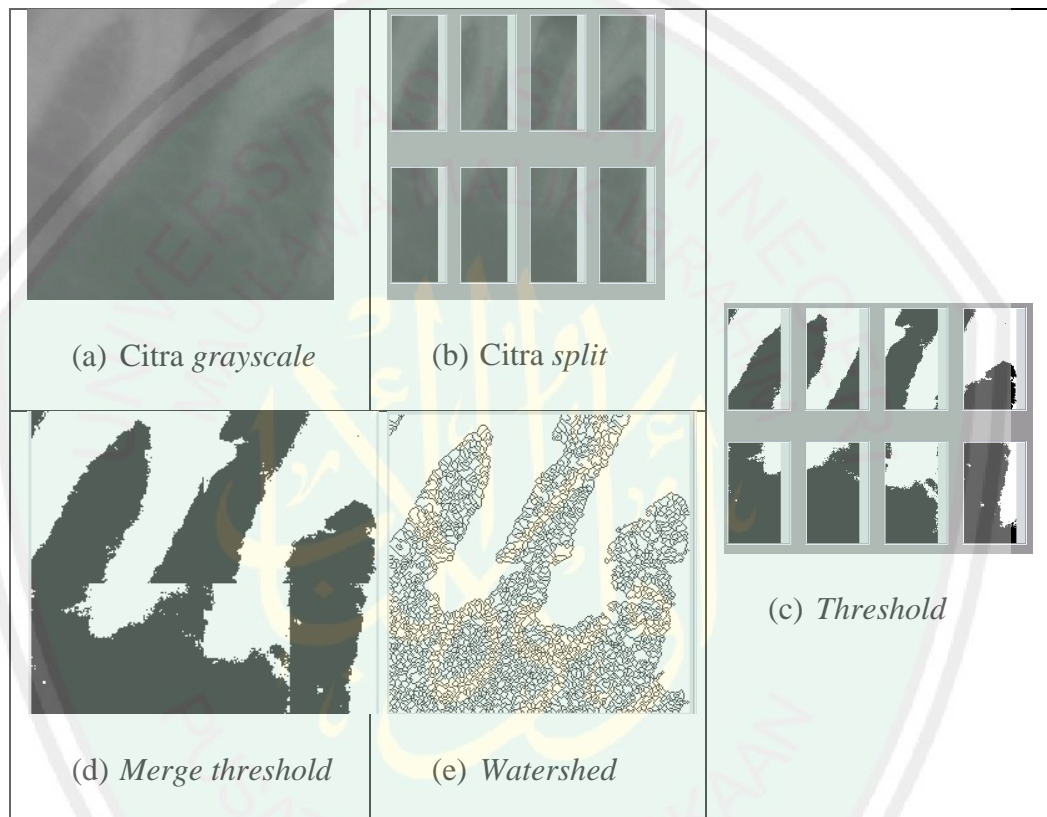
#### 4.1 Langkah – langkah Uji Coba

Langkah – langkah uji coba pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a) Menyiapkan data citra DPR sebanyak 10 citra masuk dalam kelompok normal.
- b) Pemotongan tulang mandibula secara manual, sehingga mendapatkan 2 bagian yaitu tulang mandibula sebelah kanan dan sebelah kiri
- c) *Grayscale*. Melakukan konversi citra masukan menjadi citra *grayscale*
- d) *Split image*. Melakukan pemecahan *image* menjadi beberapa *image* kecil untuk diterapkan proses *histogram equalization*.
- e) *Multi-histogram equalization*. Menghitung nilai *histeq*
- f) *Threshold*. Metode *thresholding* yang digunakan yaitu *threshold* dengan *otsu*.
- g) *Merge image*. Menggabungkan *image* yang dipecah menjadi satu.
- h) *Watershed*. Melakukan segmentasi dengan transformasi *watershed*

## 4.2 Hasil Uji Coba

Proses uji coba akan melakukan pengujian satu-persatu terhadap citra DPR tulang mandibula sebanyak 10 citra dalam keadaan normal.



Gambar 4.1 Hasil uji coba aplikasi

## 4.3 Pembahasan

Uji coba dilakukan satu persatu terhadap citra tulang mandibula yang sudah dipotong secara manual dengan ukuran 240x240. Uji coba dilakukan untuk memisahkan antara tulang mandibula dengan akar gigi. Table 4.1 menunjukkan hasil identifikasi tulang mandibula berdasarkan ujicoba, sehingga rata-rata keberhasilan identifikasi tulang mandibula sebesar 50% (perhitungan 4.1).

Tabel 4.1 Hasil uji coba kelompok normal

No	Nama Citra	Hasil identifikasi			
		Split 4	Split 8	Split 16	Split 24
1	R034-L	Ya	Ya	Tidak	Tidak
2	R034-R	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
3	R042-L	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
4	R042-R	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
5	R056-L	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
6	R056-R	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
7	R068-L	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
8	R068-R	Ya	Ya	Ya	Ya
9	R088-L	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
10	R088-R	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
11	R094-L	Ya	Ya	Tidak	Tidak
12	R094-R	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

$$\begin{aligned}
 \text{Mean}_{\text{Kesesuaian data Split 4}} &= \frac{\sum \text{data sesuai}}{\sum \text{data}} \times 100 \% \\
 &= \frac{6}{12} \\
 &= 50 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mean}_{\text{Kesesuaian data Split 8}} &= \frac{\sum \text{data sesuai}}{\sum \text{data}} \times 100 \% \\
 &= \frac{3}{12} \\
 &= 25 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mean}_{\text{Kesesuaian data Split 16}} &= \frac{\sum \text{data sesuai}}{\sum \text{data}} \times 100 \% \\
 &= \frac{1}{12} \\
 &= 8.3 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mean}_{\text{Kesesuaian data Split 24}} &= \frac{\Sigma \text{ data sesuai}}{\Sigma \text{ data}} \times 100 \% & (4.1) \\
 &= \frac{1}{12} \\
 &= 8.3 \%
 \end{aligned}$$

Perhitungan akurasi, presisi, dan *recall* tanpa menggunakan metode *Multi-Histogram Equalization* ditunjukkan pada persamaan (4.3), sedangkan perhitungan akurasi, presisi, dan *recall* dengan menggunakan metode *Multi-Histogram Equalization* ditunjukkan pada persamaan (4.4), (4.5), dan (4.6) :

$$\begin{aligned}
 \text{Mean}_{\text{akurasi}} &= \frac{\Sigma \text{ Akurasi}}{\Sigma \text{ data}} \\
 &= \frac{598.93}{10} \\
 &= 59.893 \\
 \text{Mean}_{\text{presisi}} &= \frac{\Sigma \text{ Presisi}}{\Sigma \text{ data}} \\
 &= \frac{1000}{10} \\
 &= 100 & (4.3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mean}_{\text{Recall}} &= \frac{\Sigma \text{ Recall}}{\Sigma \text{ data}} \\
 &= \frac{5.07}{10} \\
 &= 0.507
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mean}_{\text{akurasi split 4}} &= \frac{\Sigma \text{Akurasi}}{\Sigma \text{data}} \\ &= \frac{794.81}{10} \\ &= 79.481 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mean}_{\text{akurasi split 8}} &= \frac{\Sigma \text{Akurasi}}{\Sigma \text{data}} \\ &= \frac{785.17}{10} \\ &= 78.517 \end{aligned} \tag{4.4}$$

$$\begin{aligned} \text{Mean}_{\text{akurasi split 16}} &= \frac{\Sigma \text{Akurasi}}{\Sigma \text{data}} \\ &= \frac{792.76}{10} \\ &= 79.276 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mean}_{\text{akurasi split 36}} &= \frac{\Sigma \text{Akurasi}}{\Sigma \text{data}} \\ &= \frac{726.4}{10} \\ &= 72.64 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mean}_{\text{presisi split 4}} &= \frac{\Sigma \text{Presisi}}{\Sigma \text{data}} \\ &= \frac{923.7}{10} \\ &= 92.37 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mean}_{\text{presisi split 8}} &= \frac{\Sigma \text{Presisi}}{\Sigma \text{data}} \\ &= \frac{849.6}{10} \\ &= 84.96 \end{aligned} \tag{4.5}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mean}_{\text{presisi split 16}} &= \frac{\Sigma \text{Presisi}}{\Sigma \text{data}} \\
 &= \frac{876.1}{10} \\
 &= 87.61
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mean}_{\text{presisi split 36}} &= \frac{\Sigma \text{Presisi}}{\Sigma \text{data}} \\
 &= \frac{815.53}{10} \\
 &= 81.553
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mean}_{\text{recall split 4}} &= \frac{\Sigma \text{Recall}}{\Sigma \text{data}} \\
 &= \frac{276.4}{10} \\
 &= 27.64
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mean}_{\text{recall split 8}} &= \frac{\Sigma \text{Recall}}{\Sigma \text{data}} \\
 &= \frac{315.3}{10} \\
 &= 31.53
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mean}_{\text{recall split 16}} &= \frac{\Sigma \text{Recall}}{\Sigma \text{data}} \\
 &= \frac{302.9}{10} \\
 &= 30.29
 \end{aligned}$$

(4.6)

$$\begin{aligned}
 \text{Mean}_{\text{recall split 36}} &= \frac{\Sigma \text{Recall}}{\Sigma \text{data}} \\
 &= \frac{302.5}{10} \\
 &= 30.25
 \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Hasil uji coba perhitungan akurasi, presisi, dan *recall* dengan menggunakan metode MHE dan tanpa metode MHE pada kelompok normal

No	Nama Citra	Tahap 1 (Tanpa MHE)			Tahap 2 (Menggunakan MHE)											
		Akurasi	Presisi	Recall	Split 4			Split 8			Split 16			Split 36		
					Akurasi	Presisi	Recall	Akurasi	Presisi	Recall	Akurasi	Presisi	Recall	Akurasi	Presisi	Recall
1	R034L	62.54	100	0.54	79.54	99.75	21.86	82.91	91.62	27.49	83.39	84.08	31.35	76.77	71.63	31.43
2	R034R	58.5	100	0.3	76.3	99.27	23.73	76.39	99.48	23.77	84.81	96.12	32.54	74.25	95.32	22.55
3	R042L	62.66	100	0.6	87.35	94.8	30.36	87.57	94.19	30.76	86.4	83.28	34.92	86.74	81.96	36.14
4	R042R	65.29	100	0.32	83.11	97.52	22.26	74.1	59.19	39.2	71.72	99.18	9.33	71.89	93.85	10.13
5	R056L	41.88	100	1.09	64.7	86.8	42.45	61.98	97.11	34.2	56.04	68.4	48.51	56.72	70.27	46.77
6	R056R	48.25	100	0.51	73.06	98.32	34.9	82.03	87.84	48.15	84.27	89.84	48.53	67.76	98.36	29.66
7	R068L	65.54	100	0.38	95.19	98.62	31.86	87.84	79.39	34.68	89.21	85.2	32.45	79.77	98.78	18.38
8	R068R	58.56	100	0.44	77.05	97.06	25.09	76.58	98.24	24.3	79.85	92.65	29.32	77.87	88.72	28.79
9	R088L	65.4	100	0.45	76.67	72.73	24.11	73.44	60.13	33.66	82.65	77.35	30.01	82.95	79.76	28.82
10	R088R	70.31	100	0.44	81.84	78.8	19.79	82.33	82.37	19.06	74.42	100	5.94	51.68	36.88	49.81
Rata-rata		59.89	100	0.507	79.48	92.37	27.64	78.51	84.96	31.53	79.276	87.61	30.29	72.64	81.553	30.25

#### 4.4 Integrasi Metode *Multi-Histogram Equalization* dengan Al-Qur'an

Tulang pada manusia berfungsi untuk melindungi organ-organ vital dalam tubuh. Dalam Alquran surat Ath-Thariq dijelaskan bahwa dasar diciptakannya manusia bersumber dari tulang sulbi, yaitu tulang belakang laki-laki dan tulang rusuk perempuan. Allah berfirman :

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ مِمَّ خُلِقَ ﴿٥٠﴾ خُلِقَ مِنْ مَّاءٍ دَافِقٍ ﴿٥١﴾ تَخْرُجُ مِنْ بَيْنِ الصُّلْبِ وَالتَّرَائِبِ ﴿٥٢﴾

“Maka hendaklah manusia memperhatikan dari apakah dia diciptakan?. Dia diciptakan dari air yang dipancarkan. Yang keluar dari antara tulang sulbi laki-laki dan tulang dada perempuan.” (Q.S. Ath-Thariq: 5-7 diambil dari *Software Quran in Word*)

Allah swt menceritakan tentang penciptaan manusia secara rinci dalam Al-Qur'an surat Al-Mukminun ayat 12-14 :

وَلَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ مِنْ سُلَالَةٍ مِّن طِينٍ ﴿١٢﴾ ثُمَّ جَعَلْنَاهُ نُطْفَةً فِي قَرَارٍ مَّكِينٍ ﴿١٣﴾ ثُمَّ خَلَقْنَا

النُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا الْعَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا الْمُضْغَةَ عِظْمًا فَكَسَوْنَا الْعِظْمَ لَحْمًا ثُمَّ أَدَشْنَاهُ

خَلْقًا آخَرَ فَتَبَارَكَ اللَّهُ أَحْسَنُ الْخَالِقِينَ ﴿١٤﴾

“Dan Sesungguhnya kami Telah menciptakan manusia dari suatu saripati (berasal) dari tanah. Kemudian kami jadikan saripati itu air mani (yang disimpan) dalam tempat yang kokoh (rahim). 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.” (Al mukminun: 12-14 diambil dari *Software Quran in Word*)

Ayat di atas memberikan gambaran bagaimana proses atau fase penciptaan manusia mulai dari saripati *sulaalatin* hingga terbentuknya tulang yang terbungkus oleh daging serta otot. Dalam surat Al-Infithaar ayat 7-8, Allah swt

menjelaskan bahwa penciptaan manusia merupakan sebuah hasil proses yang sempurna baik dalam bentuk maupun susunan anatominya.

الَّذِي خَلَقَكَ فَسَوَّاكَ فَعَدَلَكَ ﴿٧﴾ فِي أَيِّ صُورَةٍ مَّا شَاءَ رَكَّبَكَ ﴿٨﴾

*“Yang Telah menciptakan kamu lalu menyempurnakan kejadianmu dan menjadikan (susunan tubuh)mu seimbang. Dalam bentuk apa saja yang dia kehendaki, dia menyusun tubuhmu.” (Q.S. Al-Infithaar:7-8 diambil dari Software Quran in Word)*

Maha benar Allah dengan segala firmanNya. Kandungan dalam ayat ini Allah menciptakan anatomi tubuh manusia secara sempurna. Manusia tersusun dari tulang-tulang untuk melindungi organ di dalamnya dan sebagai penunjang gerak tubuh. Tulang yang sehat berpengaruh pada aktivitas tubuh. Salah satu penyakit yang sering menyerang pada tulang yaitu tulang rapuh / keropos atau dikenal dengan sebutan osteoporosis.

Penelitian ini meningkatkan kualitas citra DPR pada tulang mandibula dengan memisahkan antara tulang mandibula dengan akar gigi. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk membantu dalam mendeteksi osteoporosis.

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Aplikasi ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra DPR pada tulang mandibula. Metode *Multi-Histogram Equalization* dapat digunakan sebagai metode untuk meningkatkan kualitas citra *dental panoramic radiograph* pada tulang mandibula. Uji coba dilakukan pada 10 citra kelompok normal tanpa menggunakan metode *Multi-Histogram equalization* dihasilkan akurasi, presisi, dan *recall* sebesar 59.89%, 100%, dan 0.5%.

Berdasarkan hasil uji coba menggunakan metode *Multi-Histogram Equalization* diperoleh akurasi citra pada saat *split image* menjadi 4 sebesar 79.48%, presisi citra sebesar 92.37%, dan *recall* citra sebesar 27.64%. Sehingga aplikasi ini mempunyai peningkatan akurasi citra sebesar 19.59%. Uji coba menunjukkan bahwa *image split* 4 mempunyai akurasi lebih besar dari *image split* 8, 16, dan 36.

#### 5.2 Saran

Aplikasi ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk proses pendeteksian penyakit osteoporosis. Metode peningkatan citra bisa ditambahkan dengan metode lain sehingga hasilnya terlihat lebih jelas.

## DAFTAR PUSTAKA

Amaliah, Bilqis ,dkk. 2011. *Pemisahan Gigi pada Dental Panoramic Radiograph dengan Menggunakan Integral Projection yang dimodifikasi*. Jurnal ilmiah KURSOR volume 6, Nomor 2. ITS Surabaya.

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.

Arifin, Agus Zainal,dkk. 2007. *Developing computer-aided osteoporosis diagnosis system using fuzzy neural network*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Bozic, M dan Hren, N Ihan. 2005. Osteoporosis and mandibles. *Dentomaxillofacial Radiology* Volume 35 Halaman 178–184

Cakur B, Dagistan S, Harorli A, Ezmeci EB. 2011. The Mandibular Angle in Osteoporotic Men. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. Volume 16(2). Pp.181

Gonzales, Rafael C. dkk. 2002. *Digital Image Processing 2<sup>nd</sup> ed*. Prentice Hall

Horner, K,dkk. 1996. *Mandibular Bone Mineral Density as a Predictor of Skeletal Osteoporosis*. The British Journal of Radiology, 69. University of Manchester, Oxford Road, Manchester.

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

(diunduh pada tanggal 1 Desember 2012).

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

J.-C. Yen, F.-J. Chang, and S. Chang, “A new criterion for automatic multilevel thresholding,” IEEE Trans. on. Image Processing, vol. 4, no. 3, pp. 370-378, Mar. 1995

Kemenkes. 2008. Surat Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1142/MENKES/SK/XII/2008 Tentang Pedoman Pengendalian Osteoporosis.

Malik Neelima Anil. Textbook of oral and maxillofacial surgery. 2<sup>nd</sup> ed. New Delhi India : Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd, 2008 : 378

Menotti, David,dkk. 2007. *Multi-Histogram Equalization Methods for Contrast Enhancement and Brightness Preserving*. IEEE Transaction on Consumer Electronics, Volume 53.

Nazaruddin ahmad dan Arifyanto hadinegoro. 2012. *Metode Histogram Equalization untuk Perbaikan Citra Digital*. Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2012 (Semantik 2012). Semarang, 23 Juni 2012.



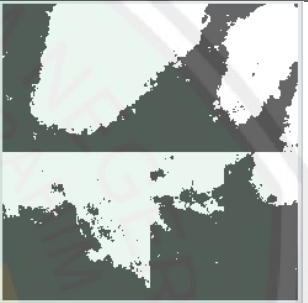
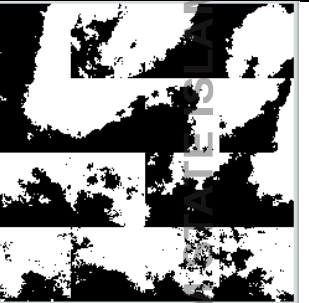
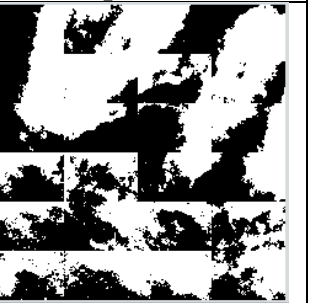
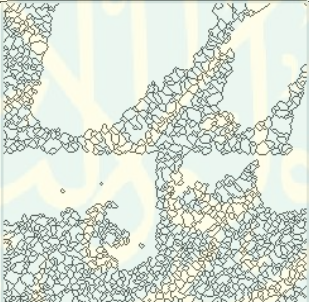
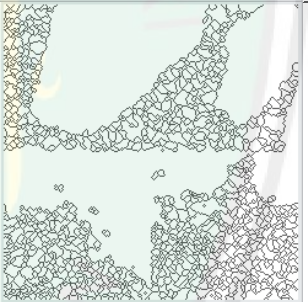
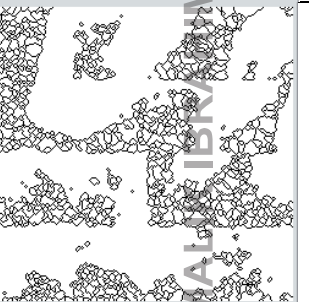
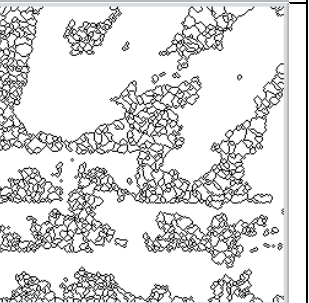
Pratiwi, Donna. 2007. *Gigi Sehat (Merawat Gigi Sehari-hari)*. Jakarta : Kompas

Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta : ANDI.

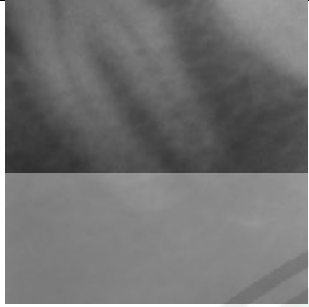
Tandra,Hans. 2009. *Segala Sesuatu Yang Harus Anda Ketahui tentang Osteoporosis*, Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.

## LAMPIRAN

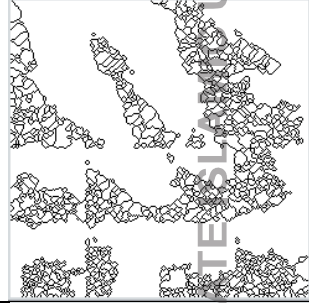
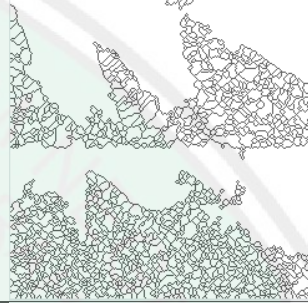
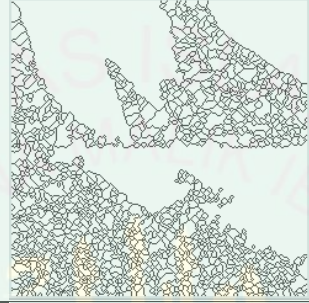
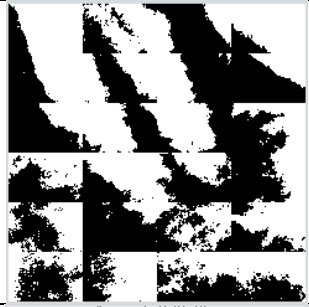
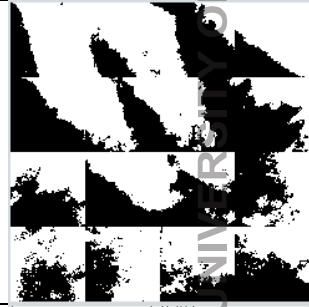
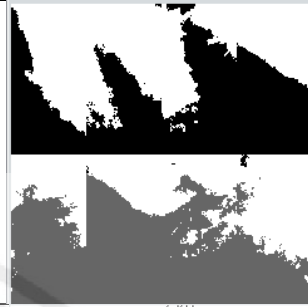
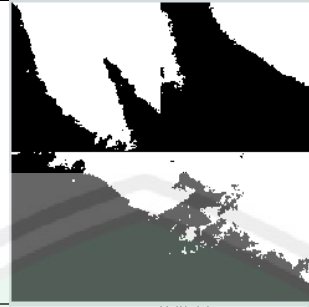
Lampiran 1 : Data citra hasil uji coba pada tulang mandibula kelompok normal menggunakan metode MHE

No	Citra Input	Citra Output (Citra Thresholding dan Segmentasi Watershed)			
		Split 4	Split 8	Split 16	Split 24
1	 R034-L				
					

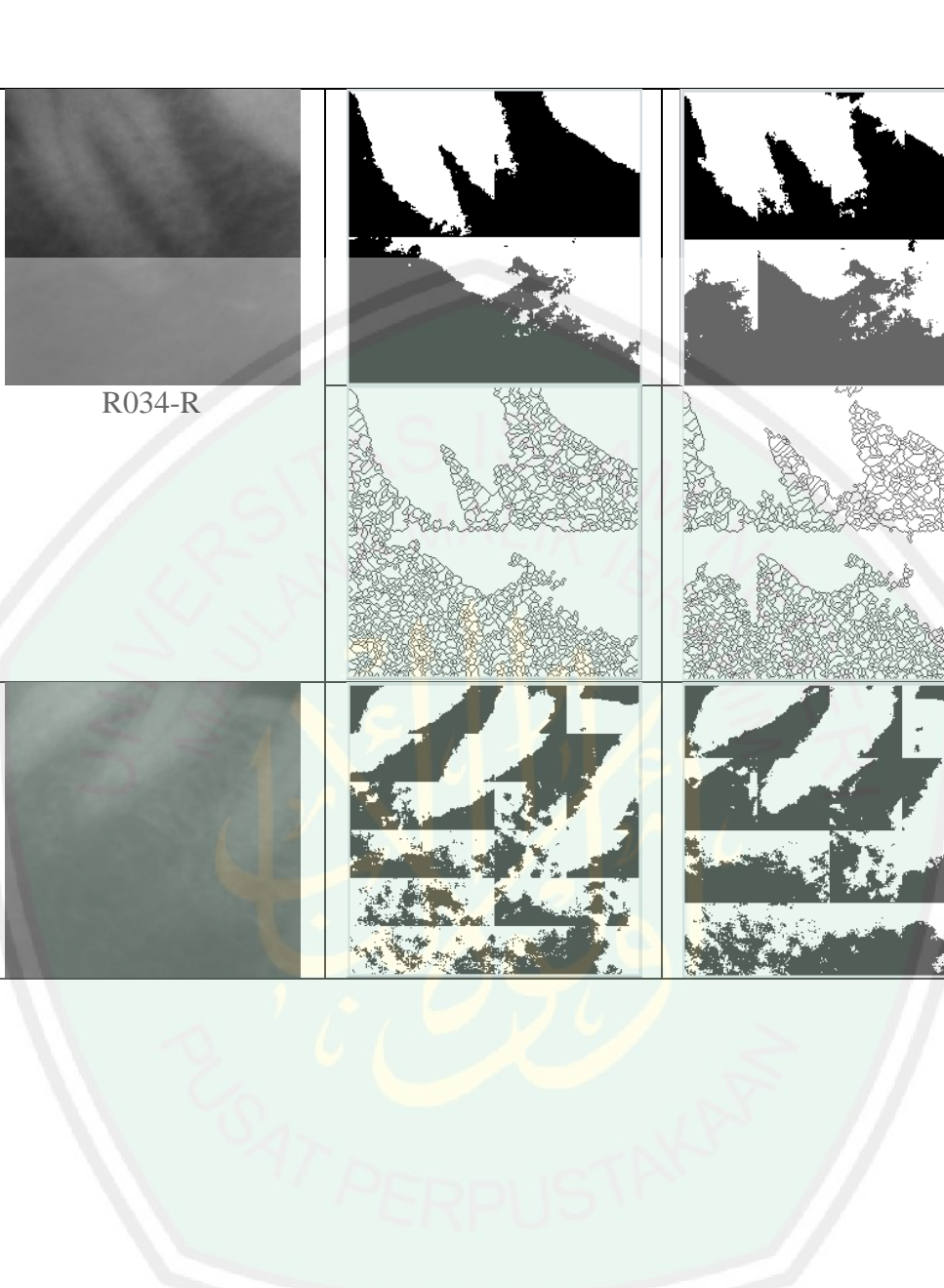
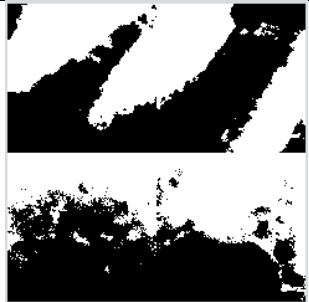
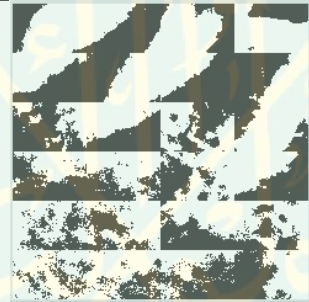
2

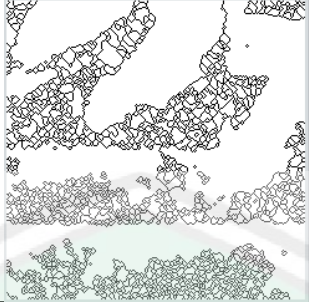

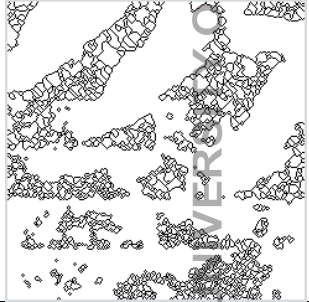
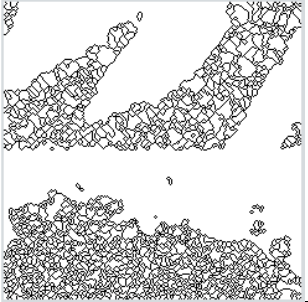


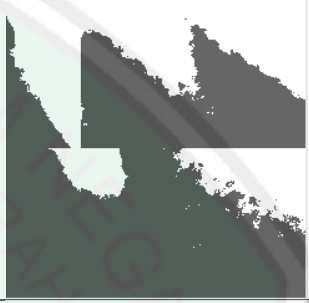
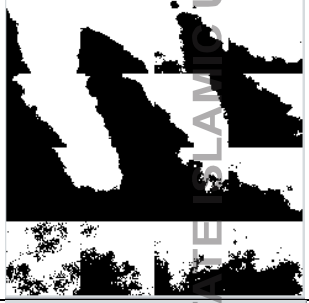
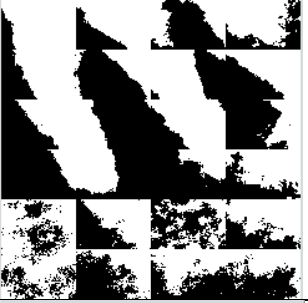
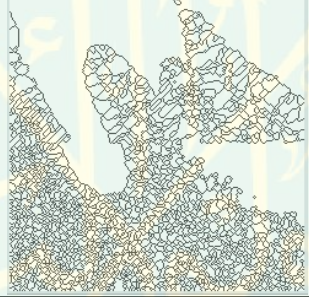
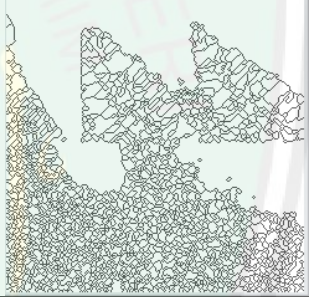

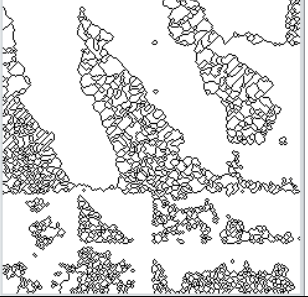


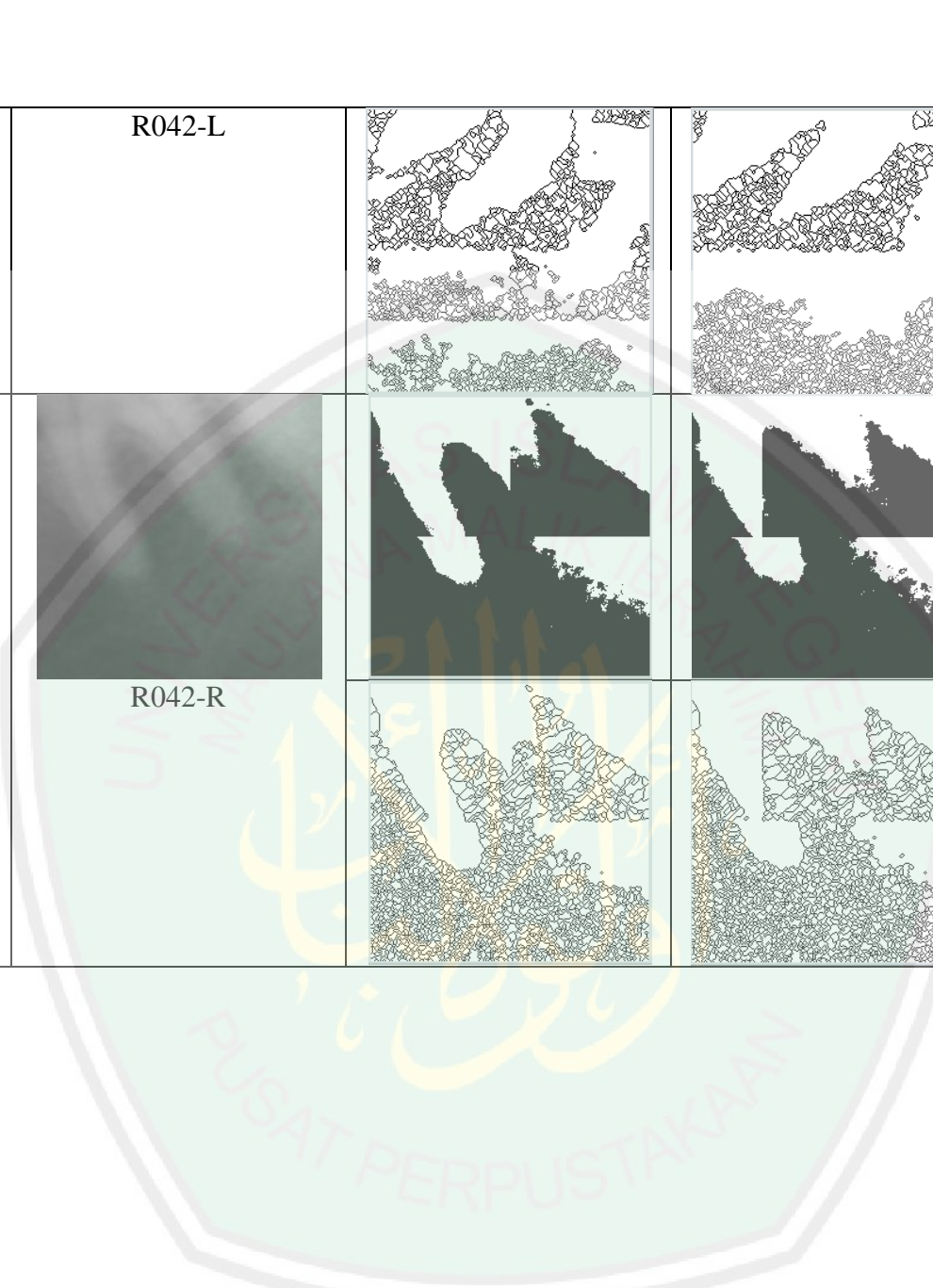
R034-R



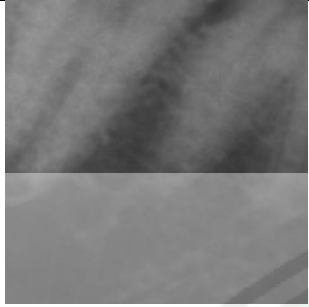
3



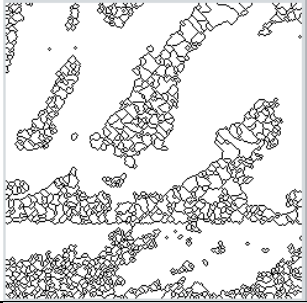
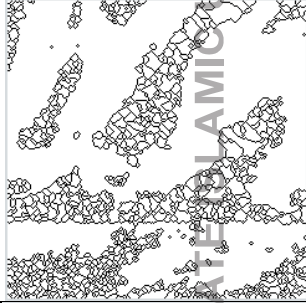
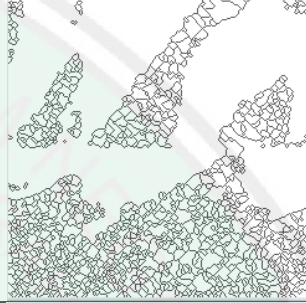
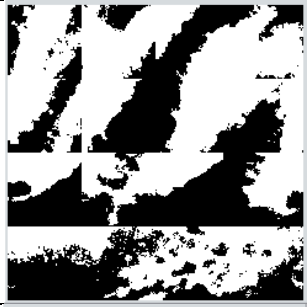
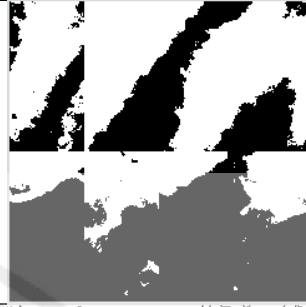
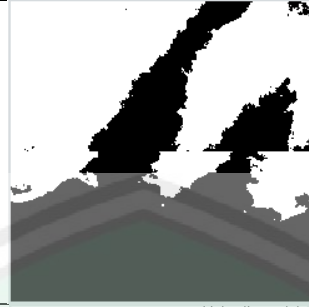
	R042-L				
4					
	R042-R				



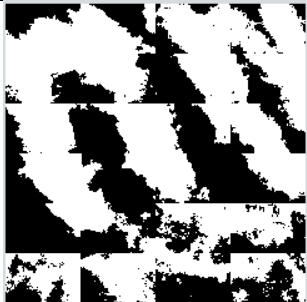
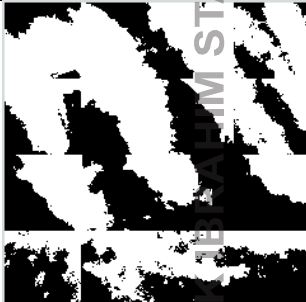
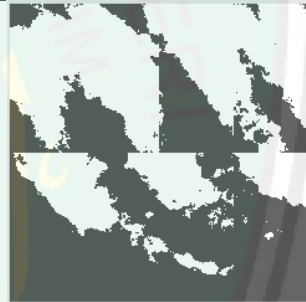
5

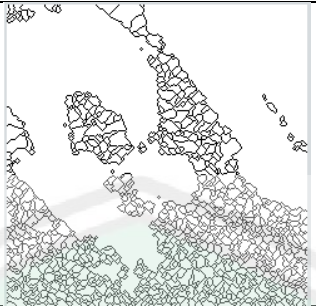
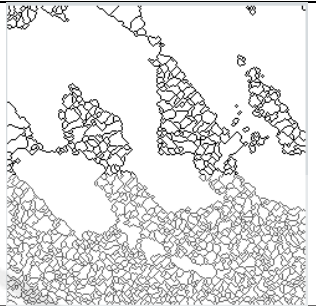
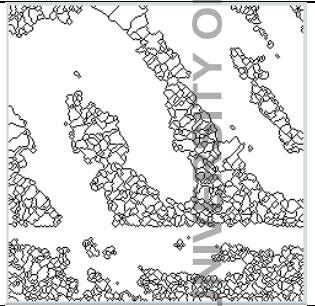
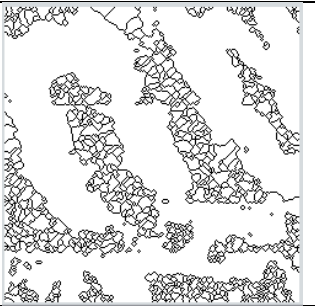
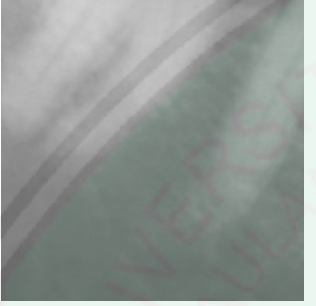



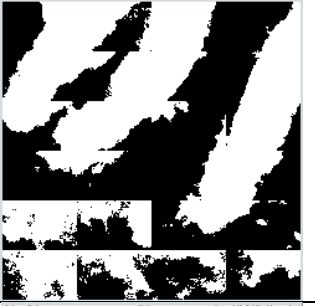
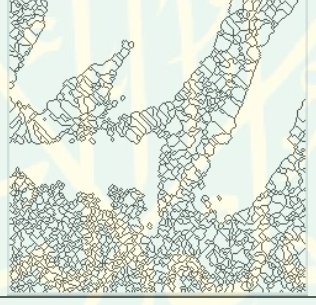


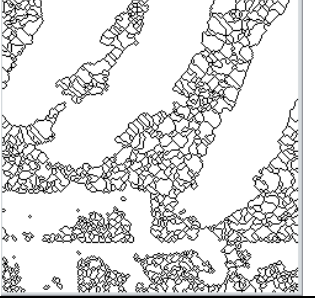


R056-L



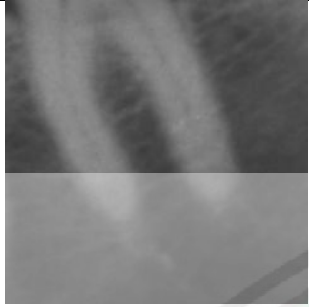
6



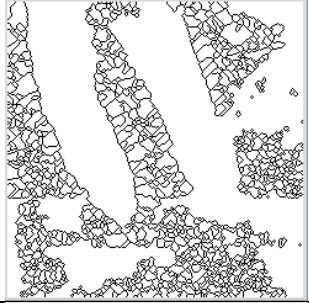
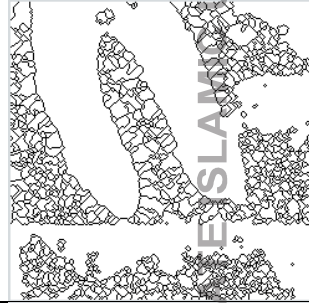
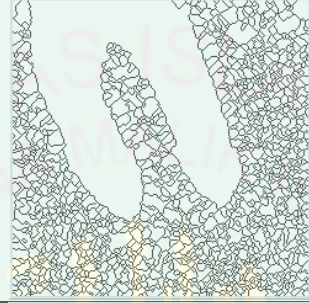
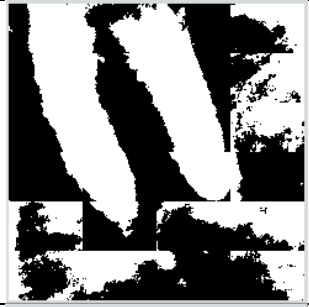
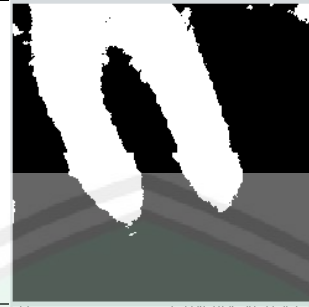
	R056-R				
7					
	R068-L				



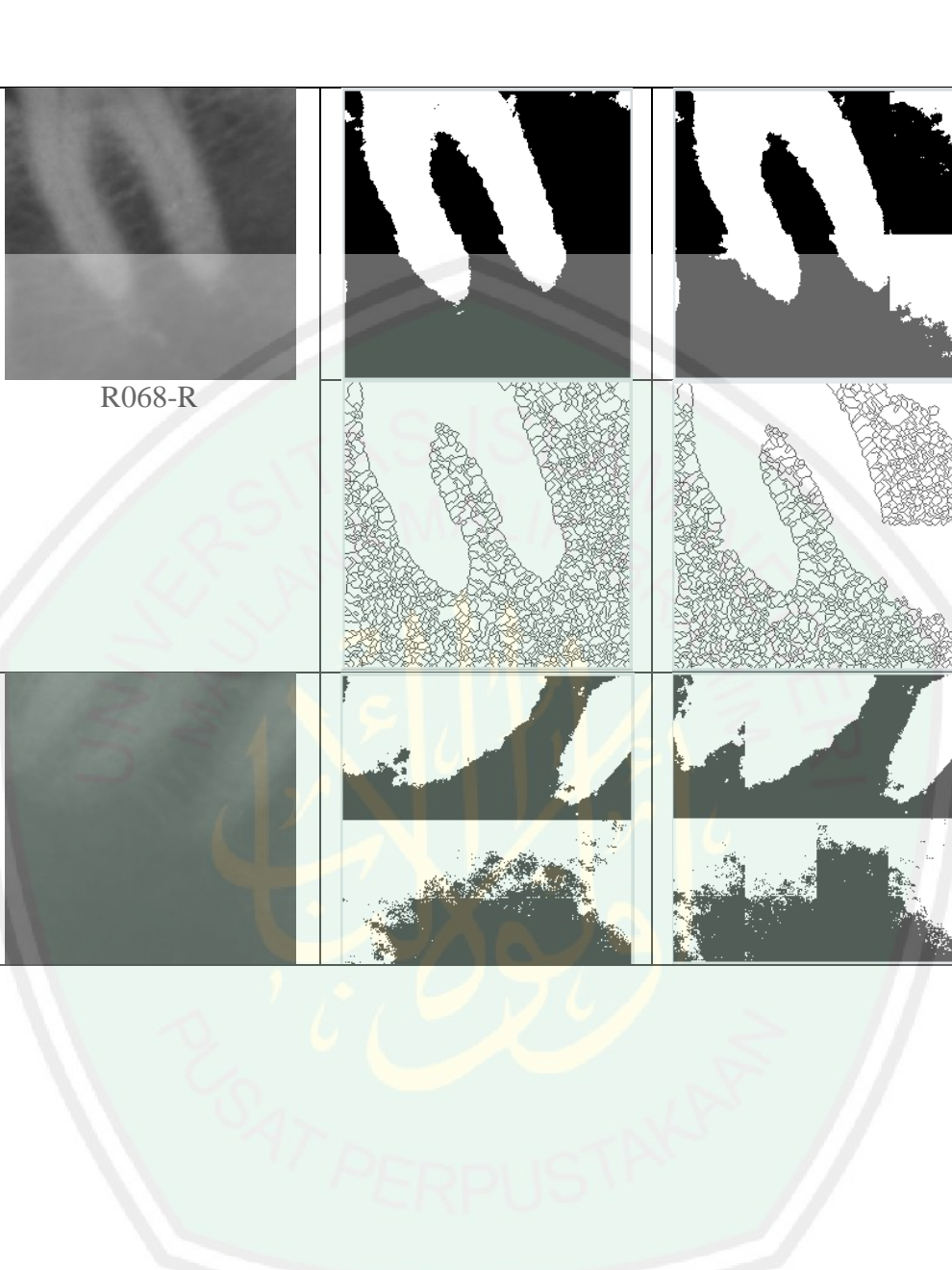
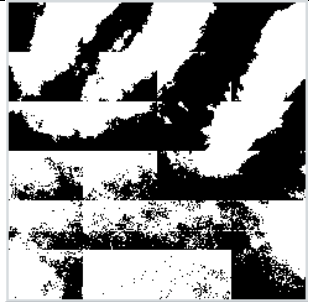
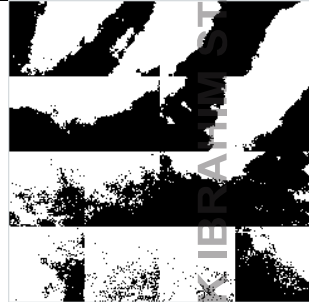
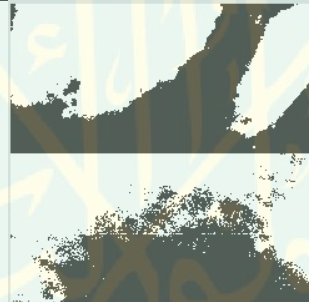
8

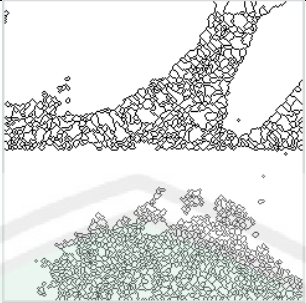
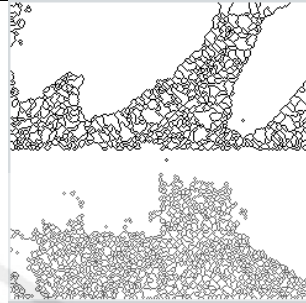
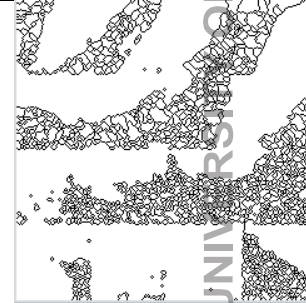
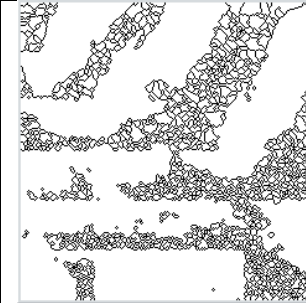


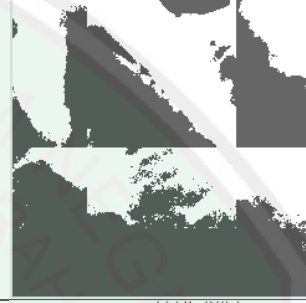




R068-R



9



	R088-L				
10					
	R088-R	