

REKAYASA

**LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING
TAHUN PERTAMA 2009**



**PERANGKAT LUNAK PENGKLASIFIKASI CITRA X-RAY
BERDASARKAN BENTUK OBJEK DENGAN
MENGUNAKAN PENDEKATAN GRID**

**Ketua Peneliti :
Dr. Bertalya, SKom., DEA.**

**Anggota Peneliti :
Dr. Prihandoko, MIT.**

**NOMOR DIPA : 0868.0/023-04.1/-/2009 TANGGAL 31 DESEMBER 2008
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**UNIVERSITAS GUNADARMA
JAKARTA**

Desember 2009

HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN HIBAH BERSAING

1. **Judul** : Perangkat Lunak Pengklasifikasi Citra X-ray Berdasarkan Bentuk Objek Dengan Menggunakan Pendekatan Grid
2. **Ketua Peneliti**
- a. Nama Lengkap : Dr. Bertalya, SKom., DEA.
 - b. Jenis Kelamin : P.
 - c. NIP/Golongan : 920312/-
 - d. Pendidikan Terakhir/Jabatan Fungsional : S3/Asisten Ahli
 - e. Jabatan Struktural : -
 - f. Fakultas/Jurusan : Ilmu Komputer dan TI./ Sistem Informasi
 - g. Bidang Ilmu : Teknologi Informasi
 - h. Perguruan Tinggi : Universitas Gunadarma
 - i. Alamat Kantor : Jl. Margonda Raya 100, Pondok Cina, Depok

3. **Tim Peneliti**

No	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Fakultas/Jurusan	Perguruan Tinggi
1.	Dr. Prihandoko, MIT.	Teknologi Informasi	Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi	Universitas Gunadarma

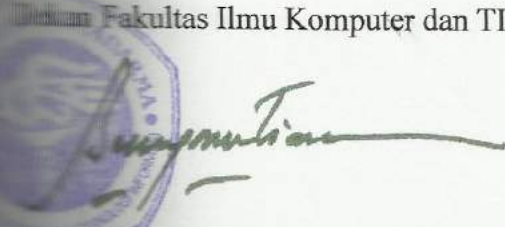
4. **Pendanaan dan jangka waktu penelitian**

- Jangka waktu penelitian : 3 tahun
- Biaya total yang diusulkan : Rp. 145.195.000,-
- Biaya yang disetujui tahun I : Rp. 42.500.000,-

Depok, 17 Desember 2009

Mengetahui,
Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan TI

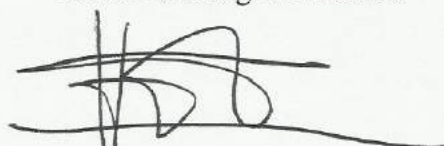
Ketua Peneliti



Dr. Rer.nat A. Benny Mutiara
NIP. 910155

Dr. Bertalya, SKom., DEA.
NIP. 920312

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian



Dr. Ir. Hotniar Siringoringo, MSc.
NIP. 910177

RINGKASAN DAN SUMMARY

Proses pendokumentasian, khususnya pengklasifikasian citra X-ray di rumah sakit di Indonesia masih dilakukan secara manual dengan memanfaatkan pengetahuan medis dari pakar radiologi. Hal ini menyebabkan proses pengklasifikasian citra X-ray menjadi lambat serta informasi yang dihasilkan menjadi tidak akurat. Untuk membantu pekerjaan pendokumentasian, khususnya pengklasifikasian citra X-ray ini dibutuhkan suatu perangkat lunak yang secara otomatis dapat mengklasifikasikan citra X-ray berdasarkan karakteristik dari citra X-ray itu sendiri yakni fitur bentuk objek.

Penelitian pada tahun pertama ini difokuskan untuk membuat database yang mendokumentasikan citra X-ray asli dan citra hasil pemrosesan. Di samping itu, penelitian ini juga membuat perangkat lunak untuk menyimpan, menampilkan dan memproses citra X-ray.

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah dengan mengidentifikasi kebutuhan paramedis ataupun dokter pada saat proses pengklasifikasian citra X-ray atau pendokumentasian citra X-ray dengan mendatangi bagian Radiologi di Rumah Sakit Cipto Mangunkusuma, Jakarta, serta mengumpulkan citra X-ray yang umum digunakan pada bagian Radiologi. Kemudian dilakukan perbaikan kualitas citra X-ray dan proses segmentasi citra X-ray untuk mendapatkan fitur bentuk objek dari citra X-ray. Semua citra X-ray asli maupun citra hasil dari pemrosesan segmentasi disimpan dalam database. Database dibuat dengan aplikasi MySQL sedangkan perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman Java.

Penelitian tahap pertama atau tahun pertama ini telah menghasilkan database dan perangkat lunak yang secara otomatis dapat menyimpan, menampilkan dan memproses citra X-ray khususnya proses segmentasi menggunakan fitur bentuk objek sebagai bagian dalam proses pengklasifikasian citra X-ray. Proses segmentasi yang dilakukan tidak hanya untuk satu citra saja tapi juga bisa sekaligus beberapa citra atau dalam satu folder. Hal ini menyebabkan proses pendokumentasian dan pemrosesan citra menjadi lebih mudah dan cepat.

Berdasarkan hasil pemrosesan terhadap 500 citra X-ray dapat disimpulkan pula bahwa pada proses segmentasi citra X-ray tidak perlu dilakukan proses perbaikan kualitas citra dengan teknik perataan histogram dikarenakan hasil bentuk objek tidak merepresentasikan bentuk objek yang sebenarnya sehingga akan mempersulit proses pengklasifikasian.

PRAKATA

Penelitian mengenai pembuatan perangkat lunak yang dapat mengklasifikasikan citra X-ray dengan menggunakan pendekatan grid secara otomatis dibutuhkan oleh masyarakat khususnya bagian Radiologi di rumah sakit. Pada tahap pertama, penelitian ini telah dapat menghasilkan sebuah database yang berisikan 500 citra X-ray asli dan hasil pemrosesan. Selain itu, dihasilkan pula perangkat lunak yang dapat memanggil data citra dari database, memproses, serta menampilkan hasil pemrosesan. Penelitian tahap pertama ini dapat diselesaikan berkat dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih setinggi-tingginya kepada :

1. Pimpinan DP2M Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah memberikan dukungan dana melalui dana Penelitian Hibah Bersaing.
2. Rektor Universitas Gunadarma yang telah memberikan fasilitas pendukung berupa komputer, sambungan internet, ruang kerja serta fasilitas lainnya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.
3. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Gunadarma atas dukungan dan dorongan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.
4. Para Reviewer yang telah memberikan kritikan dan saran yang sangat berharga bagi penyelesaian penelitian ini.
5. Kepala Bagian Radiologi dan staf Rumah Sakit Cipto Mangunkusuma, Jakarta yang telah menyediakan waktu untuk berdiskusi dan memberikan data yang dibutuhkan.
6. Anggota Peneliti yang telah menyumbangkan ide, pikiran dan tenaganya sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini tepat pada waktunya.
7. Para mahasiswa yang ikut terlibat dalam pengambilan data sampai dengan pembuatan program perangkat lunak sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dan memberikan hasil sesuai dengan target yang ingin dicapai.

Akhirnya, saya dan anggota peneliti, dengan tangan terbuka, menerima saran untuk menyempurnakan hasil penelitian ini sehingga bermanfaat bagi masyarakat luas.

Depok, Desember 2009

Ketua Peneliti

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
A. LAPORAN HASIL PENELITIAN	
RINGKASAN DAN SUMMARY	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Metode Retrieval Citra Medis Berdasarkan Konten	5
2.1.1. Representasi Konten Citra	7
2.1.2. Ekstraksi Fitur	8
2.1.2.1. Fitur Warna	8
2.1.2.2. Fitur Tekstur	9
2.1.2.3. Fitur Bentuk Objek	10
2.1.2.4. Fitur Keterhubungan Spasial	10
2.3. Proses <i>Grayscale</i>	10
2.4. Histogram dan <i>Histogram Equalization</i>	11
2.5. <i>Thresholding</i>	14
2.6. Deteksi Tepi (<i>Edge Detection</i>)	15
2.6.1. Pengertian Tepi	16
2.6.2. Tujuan Pendeteksian Tepi	16
2.6.3. Teknik Pendeteksian Tepi	16
2.7. <i>Morphological Processing</i>	18
2.7.1. Dilasi (<i>Dilation</i>)	19
2.7.2. Erosi (<i>Erosion</i>)	19
2.7.3. <i>Opening</i>	20
2.7.4. <i>Closing</i>	21
2.8. Segmentasi Citra	22

2.9. Representasi Kontur	22
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	24
3.1. Tujuan Penelitian	24
3.2. Manfaat Penelitian	25
BAB IV METODE PENELITIAN	26
4.1. Metodologi Penelitian	27
4.1.1. Teknik Perbaikan Kualitas Citra X-ray	28
4.1.2. Teknik Segmentasi Citra X-ray	28
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	29
5.1. Proses Perataan Histogram	29
5.2. Proses Segmentasi Citra	30
5.2.1. Proses <i>Grayscale</i>	30
5.2.2. Proses <i>Thresholding</i>	32
5.2.3. Proses Deteksi Tepi	33
5.2.4. Proses <i>Filling</i> , Erosi dan Dilasi	33
5.2.5. Proses Representasi kontur	33
5.3. Hasil Segmentasi Citra	37
5.4. Diagram Alur Perangkat Lunak Pengklasifikasi Citra X-ray (Segmentasi)	38
5.5. Hasil Tampilan Perangkat Lunak Pengklasifikasi Citra X-ray (Segmentasi)	40
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	43
DAFTAR PUSTAKA	44

B. DRAF ARTIKEL ILMIAH

C. SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Arsitektur Umum dari Retrieval Citra Berbasis Konten	5
Gambar 2.2. Histogram dari 4 Jenis Gambar yang Berbeda	12
Gambar 2.3. Histogram Equalization dari 4 Jenis Gambar yang Berbeda	14
Gambar 2.4. Model Tepi Suatu Matra	15
Gambar 2.5. Tiga Macam Tepi	16
Gambar 2.6. Dilasi A oleh B	19
Gambar 2.7. Erosi A oleh B	20
Gambar 2.8. <i>Opening</i> A oleh B	21
Gambar 2.8. <i>Closing</i> A oleh B	21
Gambar 4.1. Siklus Perancangan Perangkat Lunak	26
Gambar 5.1. Citra X-ray Rongga Perut, Bahu dan Kepala	29
Gambar 5.2. Citra X-ray Rongga Perut dan Histogram	30
Gambar 5.3. Diagram Alur Proses <i>Grayscaleing</i>	31
Gambar 5.4. Diagram Alur Proses <i>Thresholding</i>	32
Gambar 5.5. Diagram Alur Proses Erosi	34
Gambar 5.6. Diagram Alur Dilasi	35
Gambar 5.7. Diagram Alur Representasi Kontur	36
Gambar 5.8. Hasil Segmentasi Citra X-ray Tanpa Perataan Histogram	37
Gambar 5.9. Hasil Segmentasi Citra X-ray Dengan Perataan Histogram	37
Gambar 5.10. Diagram Alur Proses Satu Citra	38
Gambar 5.11. Diagram Alur Proses Banyak Citra	39
Gambar 5.12. Diagram Alur Proses Folder	39
Gambar 5.13. Tampilan Menu Utama	40
Gambar 5.14. Contoh Satu Citra X-ray	41
Gambar 5.15. Contoh Perbaikan Satu Berkas Citra	41
Gambar 5.16. Contoh Perbaikan+Segmentasi Satu Berkas Citra	42
Gambar 5.17. Contoh Segmentasi Satu Berkas Citra	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A1. Curriculum Vitae	L1
Lampiran A2. Tampilan Perangkat Lunak	L17
Lampiran A3. Hasil Proses Segmentasi 100 dari 500 Citra X-ray	L29

BAB 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang komputer dan multimedia yang sangat pesat sejak tahun 1990-an mengakibatkan peningkatan produksi citra digital yang sangat dratis sebagai salah satu elemen multimedia, antara lain di bidang kedokteran, industri, pendidikan dan pelayanan publik. Hal ini menyebabkan tingginya kebutuhan akan tempat penyimpanan citra digital dalam jumlah dan ukuran yang besar serta teknik manajemen dan retrieval yang efisien dan efektif agar dapat memanipulasi informasi yang terkandung dalam citra secara cepat dan akurat.

Pada bidang kedokteran, citra dipergunakan untuk keperluan diagnosis suatu penyakit atau sesuatu yang abnormal pada seorang pasien. Citra medis ini dihasilkan antara lain dari [Tagare, et al., 1997] : (1). Fotografi, yakni *endoscopy, histology, dermatology*; (2). Proyeksi radiografik, yakni X-Ray, nuclear medicine; dan (3). Tomografi, yakni *Computed Tomography (CT), Ultrasound (US), Magnetic Resonance Imaging (MRI)*.

Seperti yang dilaporkan pada [Muller, et al., 2004] sebuah departemen Radiologi pada Rumah Sakit Universitas di Jeneva, pada tahun 2002, dapat menghasilkan 12.000 citra dalam satu hari, diikuti oleh bagian Kardiologi. Demikian pula dengan situasi di berbagai rumah sakit di Indonesia, pemakaian citra terutama dari bagian radiologi sebagai alat bantu dalam diagnosis suatu penyakit atau kelainan sangat membantu pekerjaan seorang dokter, sehingga produksi citra medis meningkat, sedangkan untuk pengarsipan dan manajemen data citra belum terkelola dengan baik.

Teknik pengarsipan yang digunakan untuk menyimpan citra medis yang dihasilkan oleh departemen Radiologi maupun Kardiologi dengan informasi pendukung diarsip dalam sistem komunikasi dan pengarsipan gambar (PACS / *Picture Archive & Communication Systems*) dan di-retrieve secara sederhana dengan menggunakan indeks berdasarkan nama pasien, tehnik ataupun kode diagnosis. Dimulai dengan mengarsip citra dan tipe-tipe informasi yang dibutuhkan untuk diekstraksi. Field-field yang ditangani pada proses ini seperti data pasien (umur pasien, jenis kelamin, dan lain-lain), kode diagnosis dari departemen Radiologi, ataupun kode modalitas citra.

Sejak tahun 1970-an dikembangkan riset-riset yang bertujuan untuk mendukung retrieval data citra, dimulai dari retrieval citra berbasis teks dimana citra dianotasikan secara manual pada database kemudian pencarian data dilakukan dengan sistem manajemen database tradisional. Akan tetapi hal ini sulit dilakukan dikarenakan terlalu subjektif dan mahal untuk database yang berskala besar. Dalam perkembangannya, retrieval citra meninggalkan cara manual menjadi retrieval citra berbasis konten yang didasarkan pada konten visual dari citra itu sendiri seperti warna, tekstur ataupun bentuk objek. Telah banyak riset yang dilakukan dalam menemukan metode yang tepat, cepat dan akurat untuk retrieval citra. Salah satu sistem retrieval citra berbasis konten yang pertama kali diajukan oleh IBM adalah QBIC (*Query by Image Content*) [Niblack, et al., 1993]. Kemudian menyusul dari pihak academia mengajukan sistem Photobook [Pentland, et al., 1996], VisualSEEK [Smith and Chang, 1996], Netra [Ma and Manjunath, 1997] dan lain-lain. Semua sistem retrieval citra ini menggunakan fitur warna, tekstur dan bentuk objek.

Citra medis pada bidang kedokteran, dihasilkan dari modalitas yang berbeda-beda mempunyai tingkat kesulitan yang tinggi dimana citra mempunyai resolusi yang rendah dan derau yang tinggi. Sistem retrieval citra berbasis konten yang mengkhususkan pada bidang kedokteran ini antara lain ASSERT (*Automatic Search and Selection Engine with Retrieval Tools*) [Shyu, et al., 1999] memfasilitasi si pengguna untuk *re-retrieve* citra paru-paru HRCT (*High Resolution Computed Tomography*) serta mengidentifikasi area patologi pada citra tersebut. Selain itu proyek IRMA (*Image Retrieval in Medical Applications*) [Lehmann, et al., 2000; Lehmann, et al., 2003] mengajukan pendekatan dengan 7 tahap dalam proses retrieval citra medis berdasarkan pada modalitas, anatomi tubuh, orientasi tubuh dan sistem biologis.

Secara garis besar, sistem retrieval citra medis berdasarkan konten dipergunakan terutama dalam domain pengajaran, riset kedokteran, serta diagnosis. Domain riset kedokteran maupun diagnosis diperlukan untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam menangani penyakit pasien. Dengan kemampuan penyimpanan database yang besar dan fasilitas *retrieval* berdasarkan konten, metode *retrieval* citra medis berdasarkan konten ini dapat pula dipergunakan dalam domain pengklasifikasian citra medis.

Selama ini, proses pengklasifikasian citra medis khususnya citra X-ray, di berbagai rumah sakit di Indonesia masih dilakukan secara manual dengan

memanfaatkan pengetahuan medis dari pakar radiologi. Pada saat proses pendokumentasian, kategori atau klas dari citra X-ray dianotasikan secara manual atau dengan memberikan kode khusus pada citra X-ray tersebut. Tentunya, hal ini akan menyebabkan proses pendokumentasian menjadi lambat serta informasi yang dihasilkan menjadi tidak akurat.

Untuk itu, dibutuhkan suatu perangkat lunak yang dapat mengklasifikasikan citra X-ray yang secara otomatis dapat mengklasifikasikan citra X-ray berdasarkan karakteristik dari citra X-ray itu sendiri yakni fitur bentuk objek. Selain itu untuk melengkapi proses pengklasifikasian dibutuhkan pula sebuah database yang dapat menyimpan semua citra X-ray.

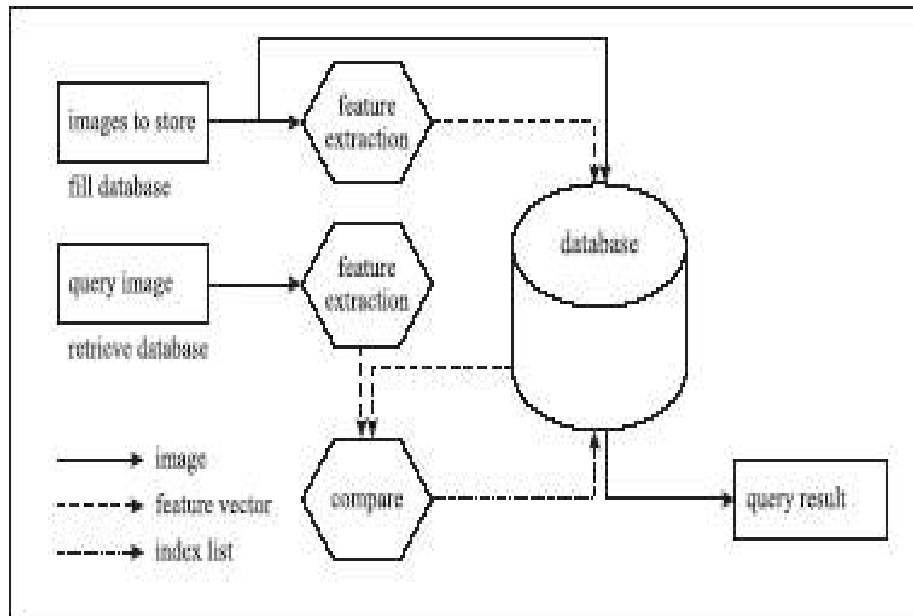
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Perkembangan metode *retrieval* citra dimulai sejak akhir tahun 1970-an [Long, H. Zhang, and D.D. Feng, 2003]. Sejak dilaksanakannya konferensi *Database Technique for Pictorial Application* di Florence, pada tahun 1979, para peneliti mulai tertarik untuk mengembangkan metode-metode manajemen database untuk citra. Metode yang pertama-tama diajukan berbasiskan pada konten visual, akan tetapi dengan menganotasikan konten visual citra secara tekstual. Artinya, pertama-tama citra dianotasikan menggunakan teks dan kemudian proses pencarian dilakukan dengan metode berbasis teks seperti pada sistem manajemen basis data tradisional. Dengan menggunakan deskripsi teks, citra dapat diorganisasikan secara hirarki semantik atau topik untuk memfasilitasikan kemudahan navigasi dan *browsing* berdasarkan standar *query* boolean. Akan tetapi pendeskripsian teks dari suatu citra tidak dapat diperoleh secara otomatis, untuk itu dilakukan secara manual. Dikarenakan penganotasian citra secara manual untuk database citra yang besar, sulit dilakukan dan mahal, maka hal ini menjadi subjektif dan tidak lengkap, sehingga tidak dapat mendukung *query* dengan kriteria tertentu.

Pada permulaan tahun 1990-an, produksi citra digital pada bidang kedokteran, industri, pendidikan dan pelayanan publik, meningkat sangat dratis sebagai akibat dari perkembangan teknologi internet dan pencitraan. Kesulitan demi kesulitan dihadapi pada saat digunakannya *retrieval* citra berbasis pada teks. Hal ini menimbulkan kebutuhan yang sangat mendesak untuk menghasilkan suatu metode manajemen citra yang efisien.

Tahun 1992, *National Science Foundation* dari USA mengadakan workshop untuk sistem manajemen informasi visual. Pada saat itulah, dapat diidentifikasi suatu teknik yang efisien dan intuitif untuk merepresentasikan dan mengindeks informasi visual berdasarkan karakteristik-karakteristik yang diturunkan dari citra itu sendiri. Sejak saat itu, para peneliti dari berbagai komunitas seperti visi komputer, manajemen database, antarmuka komputer dan manusia, serta *retrieval* informasi mulai tertarik pada bidang ini dan mengusulkan berbagai teknik dalam mengekstrak informasi visual, indeksing, *querying*, serta manajemen database.

Pada mulanya, struktur dari *retrieval* citra berbasis konten bersifat sederhana, hanya terdiri dari ekstraksi fitur, *querying* dan pencocokan, seperti terlihat pada Gambar 2.1.berikut ini.



Gambar 2.1. Arsitektur Umum dari *Retrieval* Citra Berbasis Konten.
[Lehmann et al., 2000]

Pada Gambar 2.1, dijabarkan suatu citra yang diekstrak berdasarkan fitur atau karakteristik citra, umumnya fitur warna, tekstur dan bentuk objek. Kemudian hasil ekstraksi berupa vektor fitur serta citra secara fisik disimpan di dalam database. Selanjutnya *query* berupa citra dari pemakai dilakukan ekstraksi fitur juga untuk memperoleh vektor fitur. Vektor fitur dari *query* ini, lalu diperbandingkan dan diindeks dengan vektor fitur citra yang tersimpan dalam database. Setelah itu, hasil indekasing dibawa ke database untuk memperoleh citra yang sesuai sebagai hasil *query*.

2.1. Metode *Retrieval* Citra Medis Berbasis Konten

Perkembangan metode retrieval citra khususnya untuk citra medis, citra yang dihasilkan dari rumah sakit, dilatarbelakangi oleh kelemahan-kelemahan yang dihadapi oleh pengaksesan secara tradisional yang berbasiskan pada deksripsi teks. Citra medis dikelola dengan berdasarkan pada pengklasifikasian citra medis

menggunakan modalitas pengambilan citra medis, area citra medis, dan orientasi citra medis. Kelemahan-kelemahan ini antara lain [Wei et al., 2005]:

- semakin meningkatnya jumlah citra medis, maka penganotasian secara manual mengalami kesulitan dikarenakan membutuhkan waktu yang lama dan tentunya biaya yang mahal. Penganotasian tekstual sulit dilakukan terhadap semua konten dari citra untuk menggambarkan citra medis secara utuh.
- suatu citra mengandung arti yang banyak tergantung dari persepsi si pengguna. Persepsi tentang area patologi pada suatu citra medis tentu akan berbeda-beda bergantung pula pada pakar-pakar radiologi. Sehingga untuk menganotasikan semua pemahaman terhadap citra medis secara tekstual tidak mungkin dilakukan secara akurat.
- konten dari citra medis sulit digambarkan dengan jelas secara tekstual. Bentuk objek yang tidak beraturan pada citra medis tidak dapat dengan mudah diekspresikan dengan kata-kata.

Metode *retrieval* citra berbasis konten yang dikembangkan untuk menghadapi kelemahan-kelemahan pada pengaksesan tradisional secara tekstual tidak dapat diimplementasikan pada citra medis secara mudah dan akurat. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor antara lain [Glatard, et al., 2004; Wei et al., 2005] :

- citra medis itu sendiri mempunyai resolusi yang rendah dan banyak terdapat derau.
- Citra medis secara digital direpresentasikan dengan format yang berbeda-beda bergantung pada modalitas dan perangkat *scanning* yang digunakan. Sebagian besar citra medis direpresentasikan dalam level keabuan.
- Idealnya, citra medis diindeks berdasarkan kriteria medis dimana variabelnya bergantung pada jenis pengambilan citra.

Beberapa metode *retrieval* citra berbasis pada konten, khususnya citra medis telah dipublikasikan, tetapi diperuntukkan hanya pada citra medis tertentu. Metode *retrieval* citra medis yang cepat dan efektif pada [Korn, etl al., 1998] mengkhususkan hanya pada citra medis X-ray mamografi dan fitur bentuk objek (yakni bentuk objek tumor). Sistem ASSERT [Shyu et al., 1999] dioperasikan hanya pada citra *high resolution computed tomographies* (HRCTs) dari paru-paru. Intervensi pengguna

masih dibutuhkan pada proses *retrieval* sistem ASSERT untuk menentukan area patologi. Sistem mengekstrak fitur tekstur, bentuk objek, tepi objek dan properti keabuan dari area patologi.

Tagare pada [Tagare et al., 1997] menegaskan bahwa pengetahuan medis diperoleh dari informasi anatomi dan psikologis, dimana informasi ini diperoleh dari pakar radiologi selama proses diagnosis. Selain itu, fitur regional dibutuhkan pula untuk mendukung *query*. Karena itu, interpretasi citra medis bergantung pada konteks citra itu sendiri dan *query*. Kemungkinan yang terjadi konteks *query* tidak dipahami pada saat citra disimpan di database. Sehingga untuk mendukung proses interpretasi citra medis dibutuhkan proses kategorisasi dan registrasi citra medis yang mendukung *query* dan skema database haruslah umum dan fleksibel. Hal ini dijabarkan dalam konsep *Image Retrieval in Medical Applications* (IRMA) pada [Lehmann, etl al., 2003; Lehmann et al., 2000; 2004].

Metode IRMA [Lehmann et al., 2000; 2003] diperuntukkan bagi citra medis yang umum dengan mengajukan tujuh langkah pemrosesan pada *retrieval* citra yakni : (1) kategorisasi citra menggunakan fitur-fitur global, (2) registrasi geometris dan kontras dengan memperhatikan prototipe setiap kategori citra, (3) ekstraksi fitur-fitur global, (4) seleksi citra fitur lokal bergantung pada *query* dan kategori, (5) indeksing yang menghasilkan representasi *blob*, (6) identifikasi objek yang dihubungkan dengan pengetahuan sebelumnya dari konten citra pada *blob*, dan (7) *retrieval* citra yang diproses pada level abstrak *blob*.

2.1.1. Representasi Konten Citra

Secara umum [Long et al., 2003], konten dari citra dapat dibedakan atas konten visual dan konten semantik. Konten visual juga dapat dibedakan atas konten visual umum dan konten visual dengan domain spesifik. Konten visual yang umum, diperoleh atau diturunkan dari citra itu sendiri, termasuk di dalamnya adalah warna, tekstur, bentuk objek, keterhubungan spasial, dan lain-lain. Sedangkan konten visual dengan domain spesifik, misalnya pengenalan wajah, bergantung pada domain pengetahuan tertentu. Konten semantik diperoleh dari anotasi tekstual atau prosedur inferensi kompleks berdasarkan konten visual. Penjelasan di bab ini hanya

memfokuskan pada konten visual yang umum yakni warna, tekstur, bentuk objek dan keterhubungan spasial.

Deskriptor konten visual dari suatu citra dapat merupakan deskriptor konten visual global atau lokal [Long et al., 2003; Muller et al., 2004]. Deskriptor konten visual global merupakan hasil ekstraksi citra menggunakan fitur visual terhadap citra secara keseluruhan. Sedangkan deskriptor konten visual lokal menggunakan fitur visual lokal hanya pada area-area tertentu atau objek-objek tertentu pula. Untuk memperoleh deskriptor konten visual lokal secara sederhana, suatu citra dibagi-bagi atas beberapa bagian atau mempartisi citra atas blok-blok area dengan ukuran dan bentuk yang sama atau disebut juga segmentasi area. Cara yang lebih kompleks dalam membagi suatu citra adalah proses untuk mendapatkan objek pada citra yang mempunyai arti tertentu dengan menggunakan segmentasi objek.

2.1.2. Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur merupakan proses perhitungan dan ekstraksi fitur-fitur suatu citra, yang direpresentasikan dengan vektor fitur multi-dimensional. Untuk merepresentasikan suatu citra dengan menggunakan konten visual secara tepat perlu diperhatikan fitur-fitur visual yang tepat, antara lain warna, tekstur, bentuk objek dan keterhubungan spasial.

2.2.2.1. Fitur Warna

Fitur warna merupakan salah satu fitur visual yang paling sering digunakan dalam metode *retrieval* citra berbasis konten [Muller et al., 2004]. Untuk mengekstrak fitur warna perlu didefinisikan terlebih dahulu ruang warna yang menspesifikasikan warna, antara lain.: RGB, HSV, CIE L*U*V, CIE L*a*b. Setiap warna dalam ruang warna merupakan point tunggal dalam sistem koordinat.

Ruang warna RGB [Long et al., 2003; Wei et al., 2005] biasanya digunakan untuk tampilan citra yang terdiri atas tiga komponen warna yakni *red*, *green*, *blue*, disebut juga '*additive primaries*' dikarenakan warna pada ruang warna RGB diperoleh dengan menambahkan ketiga komponen warna. Sebaliknya, ruang warna CMY yang terdiri atas *cyan*, *magenta*, *yellow*, merupakan ruang warna yang digunakan untuk pencetakan, disebut juga '*subtractive primaries*' dikarenakan warna

pada ruang warna CMY diperoleh dari serapan cahaya. Akan tetapi kedua ruang warna ini tidak berhubungan langsung dengan persepsi manusia terhadap warna, sehingga tidak dapat digunakan pada metode retrieval citra berbasis konten.

Ruang warna HSV (atau HSL, atau HSB) digunakan pada bidang grafik komputer untuk menggambarkan warna. Komponen warnanya terdiri atas *hue*, *saturation (lightness)*, *value (brightness)*. Ruang warna RGB dengan formula tertentu dapat ditransformasikan ke koordinat ruang warna HSV. Ruang warna HSV ini lebih mendekati pada persepsi manusia terhadap warna, demikian pula ruang warna CIE L^*U^*V , CIE L^*a^*b . Ketiganya lebih sering digunakan pada *retrieval* citra berbasis konten. Deskriptor dari ruang warna ini dapat menggunakan *color histogram*, *color coherence vector*, *color moments*, dan *color correlogram*.

2.2.2.2. Fitur Tekstur

Fitur tekstur pada metode *retrieval* citra berbasis konten dapat digunakan dengan dua tujuan [Wei et al., 2005] yakni pertama, suatu citra dapat dilihat sebagai suatu mozaik dari area-area tekstur yang berbeda-beda, dimana area-area ini dapat digunakan sebagai contoh dalam pencarian area yang sama atau mirip. Kedua, tekstur dapat digunakan secara otomatis untuk menganalisis konten citra.

Fitur tekstur dapat diekstrak secara struktural atau statistik [Gonzales, and P. Wintz, 1987; Gonzales, R.E. Woods, and S.L. Eddins. 2005; Long et al., 2003; Wei et al., 2005]. Secara struktural, tekstur suatu citra digambarkan dengan mengidentifikasi aturan penempatan, metodenya terdiri dari *morphological operator* atau *adjacency graph*. Sedangkan secara statistik dengan menganalisa distribusi statistik dari intensitas citra, termasuk *Fourier power*, *co-occurrence matrix*, *Tamura feature* (terdiri dari *coarseness*, *contrast*, *directionality*, *linelikeness*, *regularity*, dan *roughness*), *Wold decomposition* (terdiri atas *harmonic*, *evanescent*, dan *indeterministic*), *Markov random field*, *Fractal Model* dan *Gabor & Wavelet filtering*. Selain itu fitur tekstur [Gonzales and Wintz 1987; Gonzales et al, 2005] terdiri atas *mean*, *standard deviation*, *third moment*, and *smoothness*. Tekstur yang diajukan Haralick [Haralick, 1987] terdiri atas *maximum probability*, *element-difference moment*, *inverse element-difference moment*, *uniformity* dan *entropy*.

2.2.2.3. Fitur Bentuk Objek

Dibandingkan dengan fitur warna dan tekstur, biasanya fitur bentuk objek digunakan setelah citra disegmentasi ke beberapa area atau objek. Beberapa aplikasi menggunakan fitur warna dan tekstur untuk mendapatkan hasil segmentasi yang akurat .[Mattie, et al, 2000]

Metode yang digunakan untuk mendeskripsikan fitur bentuk objek dapat dibedakan atas dua kategori [Long et al, 2003] yakni metode *boundary-based* termasuk *Polygonal approximation, finite element models, Fourier-based, shape region-based.*, dan metode *region-based*, misalnya *statistik moments*.

2.2.2.4. Fitur Keterhubungan Spasial

Fitur informasi spasial menggambarkan lokasi spasial dari objek-objek atau relationship spasial diantara objek-objek citra baik secara lokal maupun global. Dengan menggunakan fitur keterhubungan spasial, area-area atau objek-objek dengan warna dan tekstur yang sama dapat lebih mudah dibedakan. Secara lokal, lokasi spasial ataupun keterhubungan spasial dapat menggunakan metode *2D strings*, sedangkan global digunakan metode *2D G-strings, 2D C-strings, dan 2D B-strings*.

2.3 Proses Grayscale

Dalam bidang fotografi dan komputer, sebuah gambar digital *grayscale* merupakan sebuah gambar yang tiap pixelnya bernilai sebuah informasi intensitas. Gambar ini juga sering disebut sebagai hitam-putih, yang tersusun dari derajat keabuan mulai dari warna hitam pada intensitas terendah dan putih pada intensitas terkuat. Karena hanya terdiri dari 2 warna di dalamnya yaitu hitam-putih, maka gambar *grayscale* juga sering disebut bilevel atau gambar binary. Gambar *grayscale* mengandung variasi derajat keabuan di dalamnya, maka gambar *grayscale* juga disebut monokromatik.

Gambar *grayscale* biasanya merupakan hasil dari penjabaran intensitas cahaya pada tiap pixel dalam sebuah pita tunggal dari spectrum elektromagnetik (seperti infrared, visible light, ultraviolet, dan sebagainya). Gambar *grayscale* juga

dapat disintesis dari gambar berwarna dengan mengkonversi ke gambar *grayscale*, hal ini disebut *grayscale*.

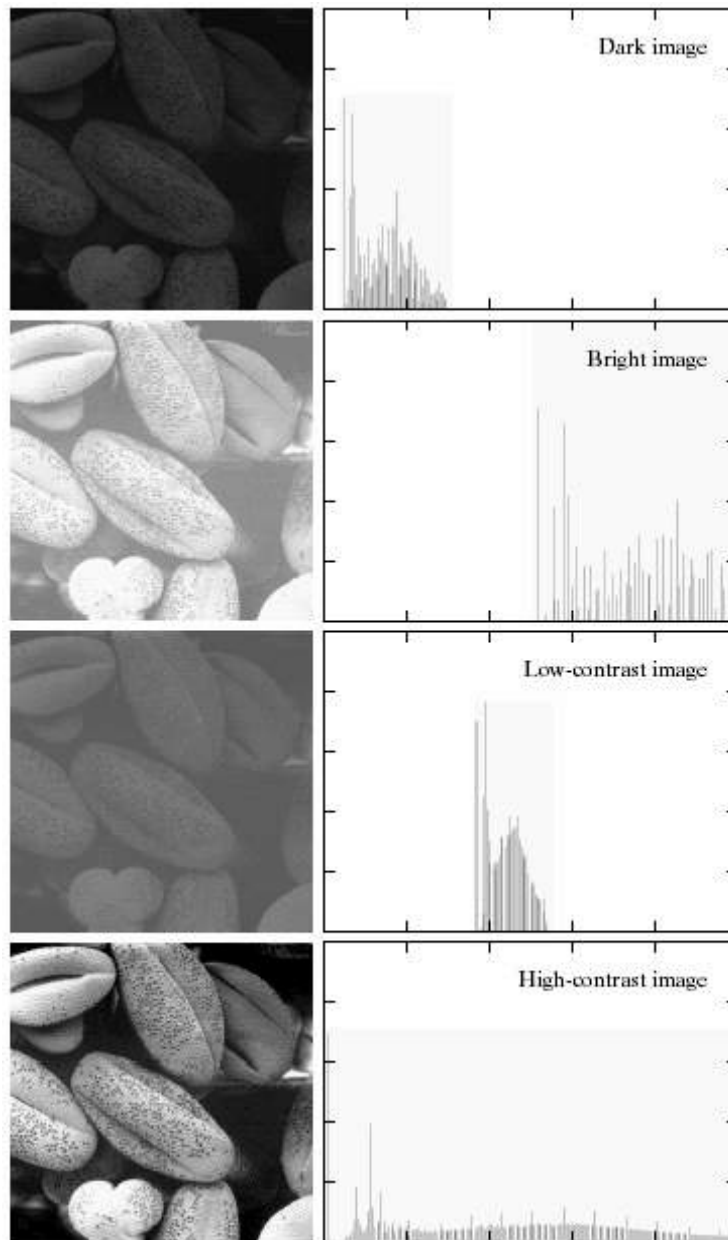
Grayscale adalah proses perubahan nilai *pixel* dari warna (RGB) menjadi *gray-level* (Gonzalez, 2005). Pada dasarnya proses ini dilakukan dengan meratakan nilai *pixel* dari 3 nilai RGB menjadi 1 nilai. Untuk memperoleh hasil yang lebih baik, nilai *pixel* tidak langsung dibagi menjadi 3 melainkan terdapat persentasi dari masing-masing nilai. Salah satu persentasi yang sering digunakan adalah 29,9% dari warna merah (*Red*), 58,7% dari warna hijau (*Green*), dan 11,4% dari warna biru (*Blue*). Nilai *pixel* didapat dari jumlah persentasi 3 nilai tersebut.

Proses *grayscale* memerlukan alokasi memori yang lebih besar karena tiap titik atau *pixel* di-representasikan oleh 4 hingga 8 bit pada resolusi 300 dpi, sehingga dibutuhkan lebih dari 8Mb memori untuk merepresent sebuah 8.5 dari 11 inch halaman menggunakan 256 tingkat keabuan.

2.4 Histogram dan *Histogram Equalization*

Histogram adalah grafik yang menunjukkan distribusi dari intensitas sebuah gambar (Gonzalez, 2005). Histogram dari sebuah gambar digital berupa sebuah fungsi $h(r_k) = n_k$, dimana r_k adalah nilai warna ke- k dan n_k adalah jumlah *pixel* dalam gambar yang memiliki nilai tersebut. Pada *gray-level*, r_k adalah tingkat *gray-level* ke- k . $k=0, 1, 2, \dots, L-1$. L adalah batas maksimum nilai. Normalisasi dari *histogram* adalah dengan membagi tiap nilai n_k dengan total *pixel* dari gambar, $p(r_k)=n_k/n$. Jumlah total nilai ($p(r_k)$) dari normalisasi histogram adalah 1.

Manipulasi dari *histogram* dapat digunakan secara efektif untuk *image enhancement* (peningkatan kualitas dari gambar). Selain itu juga berguna untuk aplikasi *image processing* lainnya seperti segmentasi, kompresi, dan lain-lain. *Histogram* juga mudah untuk dikalkulasikan dalam *software*. Hal-hal tersebut membuat *histogram* menjadi sebuah *tool* yang populer untuk *real-time image processing*.



Gambar 2.2 *Histogram* dari 4 Jenis Gambar yang Berbeda [Gonzales, 2005]

Pada Gambar 2.2 sebelah kiri terdapat sebuah gambar dengan 4 macam karakteristik *gray-level* yang berbeda: gelap, terang, *low-contrast*, dan *high contrast*. Di sebelah kanan adalah *histogram* yang berhubungan dengan gambar di sebelah kirinya. Bagian horisontal dari *histogram* adalah nilai *gray-level*, r_k . Bagian vertikal dari *histogram* adalah nilai dari $h(r_k) = n_k$ atau $p(r_k) = n_k/n$ bila nilai dinormalisasikan.

Pada gambar yang gelap, nilai-nilai dari *histogram* terkonsentrasi pada bagian rendah (gelap) dari *gray-scale*. Demikian pula pada gambar yang terang, nilai-nilai dari *histogram* terkonsentrasi pada bagian tinggi (terang) dari *grayscale*.

Pada gambar dengan kontras yang rendah (*low-contrast*), nilai-nilai dari *histogram* menjadi sempit dan terkonsentrasi pada bagian tengah dari *histogram*. Pada gambar dengan kontras yang tinggi (*high-contrast*), nilai-nilai dari *histogram* relatif merata pada seluruh nilai *gray-level*, dengan beberapa garis vertikal saja yang jauh lebih tinggi dari garis vertikal yang lain. Gambar dengan *histogram* seperti ini memiliki detil *gray-level* yang baik.

Ada 3 macam *histogram processing* :

- a. *Histogram equalization*
- b. *Histogram matching (specification)*
- c. *Local enhancement*

Histogram equalization bertujuan untuk mengubah intensitas suatu gambar menjadi sebuah gambar dengan nilai *histogram* yang relatif sama di setiap levelnya. Nama lain *histogram equalization* adalah *histogram linearization*.

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \quad \text{dimana } 0 \leq r_k \leq 1, k=0,1,2,\dots,L-1.$$

Fungsi di atas menghasilkan sebuah nilai *s* untuk setiap nilai *pixel r* pada gambar aslinya. *Histogram equalization* memiliki hasil yang hampir sama dengan *contrast stretching* tetapi *histogram equalization* menawarkan kelebihan yaitu bekerja otomatis secara penuh, karena *histogram equalization* menetapkan fungsi transformasi untuk menghasilkan gambar baru dengan *histogram* yang *uniform*.

Histogram matching (specification) hampir sama dengan *histogram equalization*, hanya saja pada *histogram matching*, dapat ditentukan sendiri bentuk dari *histogram* yang akan dihasilkan. Prosedur dalam menjalankan *histogram matching* yaitu :

- a. Nilai *gray-level* dari gambar yang asli di-equalize dengan

$$s = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$$

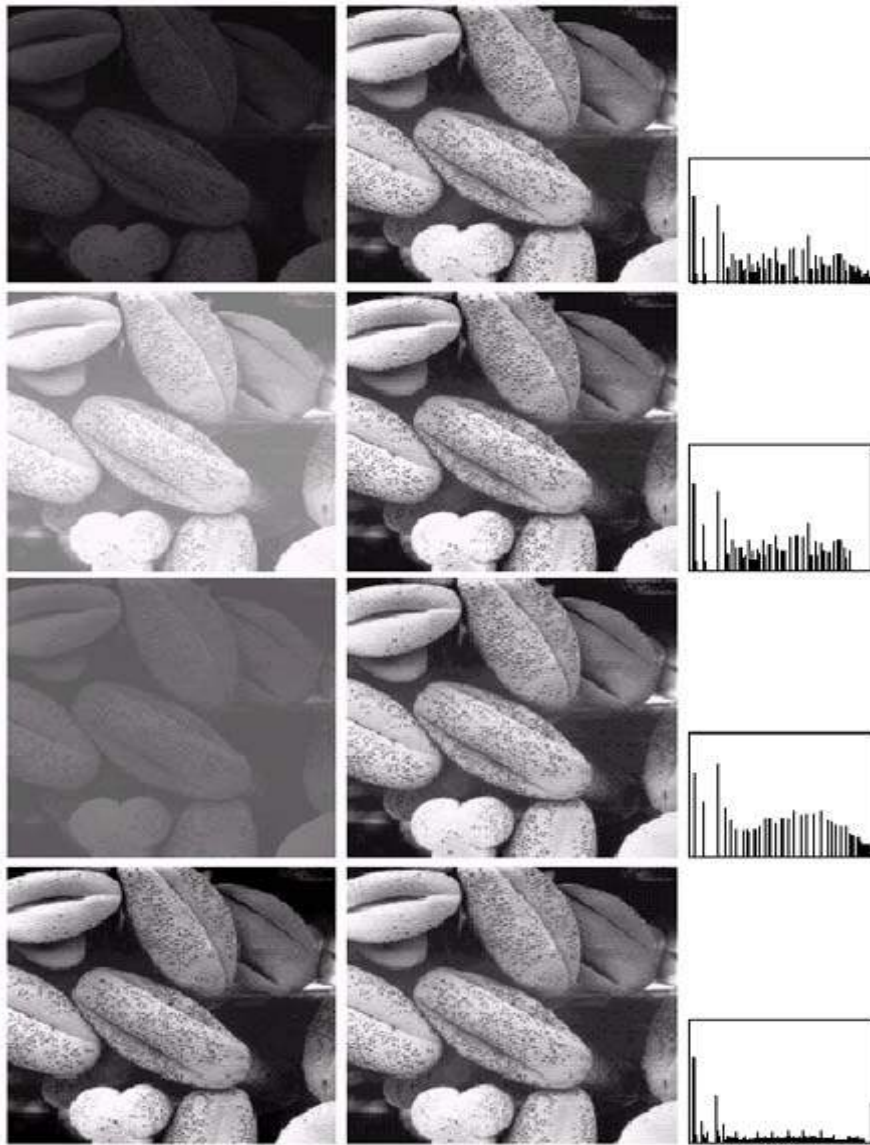
di mana n =total jumlah pixel, n_j =jumlah pixel pada *gray-level* j .

- b. Menentukan fungsi *density* yang diinginkan

$$v=G(z)=\sum_0^z p_z(\mathbf{w}) \approx \sum_{i=0}^z \frac{n_i}{n},$$

p_z adalah fungsi yang diinginkan untuk output.

- c. Menggunakan fungsi transformasi *invers*, $z=G^{-1}(s)$ pada *gray-level* dihasilkan pada langkah (a).



Gambar 2.3. *Histogram Equalization* dari 4 Jenis Gambar yang Berbeda. [Gonzales, 2005]

Histogram equalization dan *histogram matching* dilakukan pada seluruh bagian dari gambar. Berbeda dengan *local enhancement* yang merupakan proses *histogram equalization* atau *histogram matching* yang dilakukan pada bagian atau daerah kecil pada gambar.

2.5 Thresholding

Misalkan pada sebuah gambar, $f(x,y)$ tersusun dari objek yang terang pada sebuah *background* yang gelap (Gonzales, 2005). *Gray-level* milik objek dan milik *background* terkumpul menjadi 2 grup yang dominan. Salah satu cara untuk mengambil objek dari backgroundnya adalah dengan memilih sebuah nilai *threshold* T yang memisahkan grup yang satu dengan grup yang lain. Maka semua piksel yang

memiliki nilai $> T$ disebut titik objek, yang lain disebut titik *background*. Proses ini disebut *thresholding*. Sebuah gambar yang telah di-*threshold* $g(x,y)$ dapat didefinisikan:

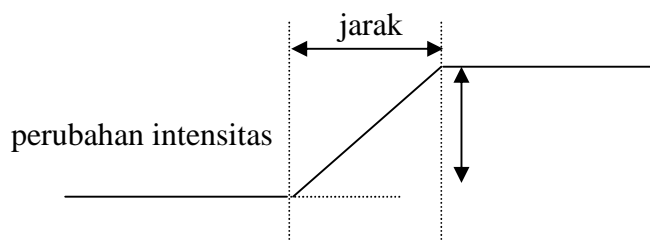
$$g(x,y) = \begin{cases} 0, & f(x,y) < T \\ 1, & f(x,y) \geq T \end{cases}$$

Nilai T dapat ditentukan dengan banyak cara, salah satunya adalah melalui perhitungan dimana nilai rata-rata jumlah piksel yang memiliki nilai di bawah T sama dengan nilai rata-rata jumlah piksel yang memiliki nilai di atas T . Untuk perhitungan ini, nilai T yang didapat untuk gambar yang memiliki *histogram* yang telah merata.

Nilai maksimum dari T adalah nilai tertinggi dari sistem warna yang digunakan dan nilai minimum dari T adalah nilai terendah dari sistem warna yang digunakan. Untuk *256-graylevel* maka nilai tertinggi T adalah 255 dan nilai terendahnya adalah 0. Jika T hanya tergantung pada $f(x,y)$ maka disebut *thresholding global*. Jika T tergantung dari $f(x,y)$ dan $p(x,y)$ (properti lokal milik titik tersebut, misalnya rata-rata *gray-level* pada "tetangga" dari (x,y)) maka disebut *thresholding local*. Jika T tergantung dari koordinat *spatial* x dan y maka disebut *thresholding dynamic* atau *adaptive*.

2.6 Deteksi Tepi (*Edge Detection*)

Deteksi Tepi digunakan untuk menentukan lokasi titik-titik yang merupakan tepi obyek citra. Secara umum, tepi suatu obyek dalam citra dinyatakan sebagai titik yang nilai warnanya berbeda cukup besar dengan titik yang ada di sebelahnya. Perbedaan intensitas inilah yang menampakkan rincian pada gambar. Tepi biasanya terdapat pada batas antara dua daerah berbeda pada suatu citra. Tepi dapat diorientasikan dengan suatu arah, dan arah ini berbeda-beda bergantung pada perubahan intensitas. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Model Tepi Suatu Matra

2.6.1 Pengertian Tepi

Suatu titik (x,y) dikatakan sebagai tepi dari suatu citra bila titik tersebut mempunyai perbedaan yang tinggi dengan tetangganya. Ada tiga macam tepi yang terdapat dalam citra digital, terlihat pada Gambar . Ketiganya adalah: [Munir, 2004]

1. Tepi curam

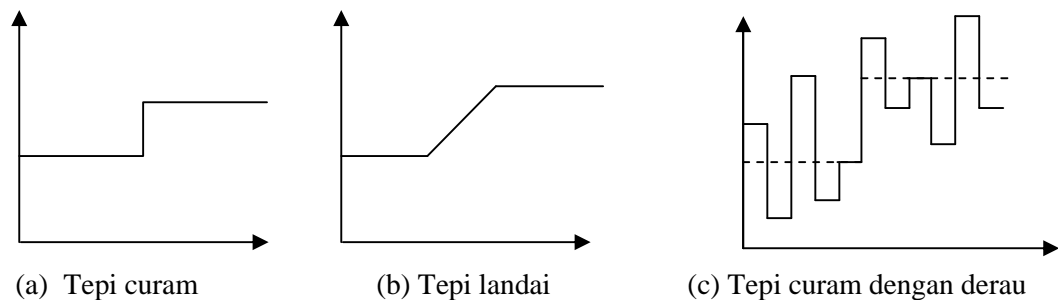
Tepi dengan perubahan intensitas yang tajam. Arah tepi berkisar 90° .

2. Tepi landai

Disebut juga tepi lebar, yaitu tepi dengan sudut arah yang kecil. Tepi landai dapat dianggap terdiri dari sejumlah tepi-tepi lokal yang lokasinya berdekatan.

3. Tepi yang mengandung derau (*noise*)

Umumnya tepi yang terdapat pada aplikasi computer vision mengandung derau. Operasi peningkatan kualitas citra (*image enhancement*) dapat dilakukan terlebih dahulu sebelum pendeteksian tepi.



Gambar 2.5 Tiga Macam Tepi

2.6.2 Tujuan Pendeteksian Tepi

Pendeteksian tepi merupakan langkah pertama untuk mendapatkan informasi di dalam citra. Tepi mencirikan batas-batas objek dan karena itu tepi berguna untuk proses segmentasi dan identifikasi objek dalam sebuah citra.

Tujuan operasi pendeteksian tepi adalah untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau objek di dalam citra. Tepi termasuk dalam komponen berfrekuensi tinggi, maka pendeteksian tepi dapat dilakukan dengan penapis lolos-tinggi (*high pass filter*).

2.6.3 Teknik Pendeteksian Tepi

Terdapat beberapa teknik yang digunakan untuk mendeteksi tepi, antara lain:

1. Operator gradient pertama (*differential gradient*)

Citra deteksi tepi dapat diperoleh dengan menggunakan berbagai metode pendeteksi tepi, seperti: Roberts, Kirsch, Prewitt, Sobel, dan metode yang lainnya. Ciri tekstur pada suatu daerah citra yang berukuran $W \times W$, didefinisikan sebagai berikut :

$$T_{j,k} = \frac{1}{W^2} \sum_{m=-w}^w \sum_{n=-w}^w E_{j+m,k+n}$$

$E_{j,k}$ merupakan citra hasil proses deteksi tepi.

2. Operator turunan kedua (*Laplacian*)

Operator turunan kedua juga disebut operator Laplace. Operator Laplace mendeteksi tepi lebih akurat khususnya pada tepi yang curam. Pada tepi yang curam, turunan keduanya memiliki persilangan nol (*zero crossing*), yaitu titik dimana terdapat pergantian tanda nilai turunan kedua, sedangkan pada tepi yang landai tidak terdapat persilangan nol. Persilangan nol merupakan lokasi tepi yang akurat. Fungsi yang merupakan turunan kedua dari Gauss, disebut juga *Laplacian of Gaussian* (LoG) atau fungsi topi Meksiko (Mexican Hat) karena bentuk kurvanoanya seperti topi Meksiko.

Penapis LoG yang berukuran 5×5 :

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ -1 & -2 & 16 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

3. Operator kompas (*compass operator*)

Operator kompas (*Compass operator*) digunakan untuk mendeteksi semua tepi dari berbagai arah dalam citra. Operator kompas dipakai untuk pendeteksian tepi menampilkan tepi dari 8 arah mata angin: Utara, Timur Laut, Timur,

Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat, Barat Laut. Pendeteksian tepi dilakukan dengan mengkonvolusikan citra dengan berbagai mask kompas, lalu diberi nilai kekuatan tepi (magnitude) yang terbesar dan arahnya.

Operator kompas yang dipakai untuk pendeteksian tepi menampilkan tepi dari 8 arah mata angin:

Utara	Timur Laut	Timur	Tenggara
$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
Selatan	Barat Daya	Barat	Barat Laut
$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & 2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$

Dengan mask terbesar yaitu:

$$G[f(x,y)] = \max_i \{G_i[f(x,y)] \text{ dimana } i=1,2,3,\dots,p\}$$

2.7. Morphological Processing

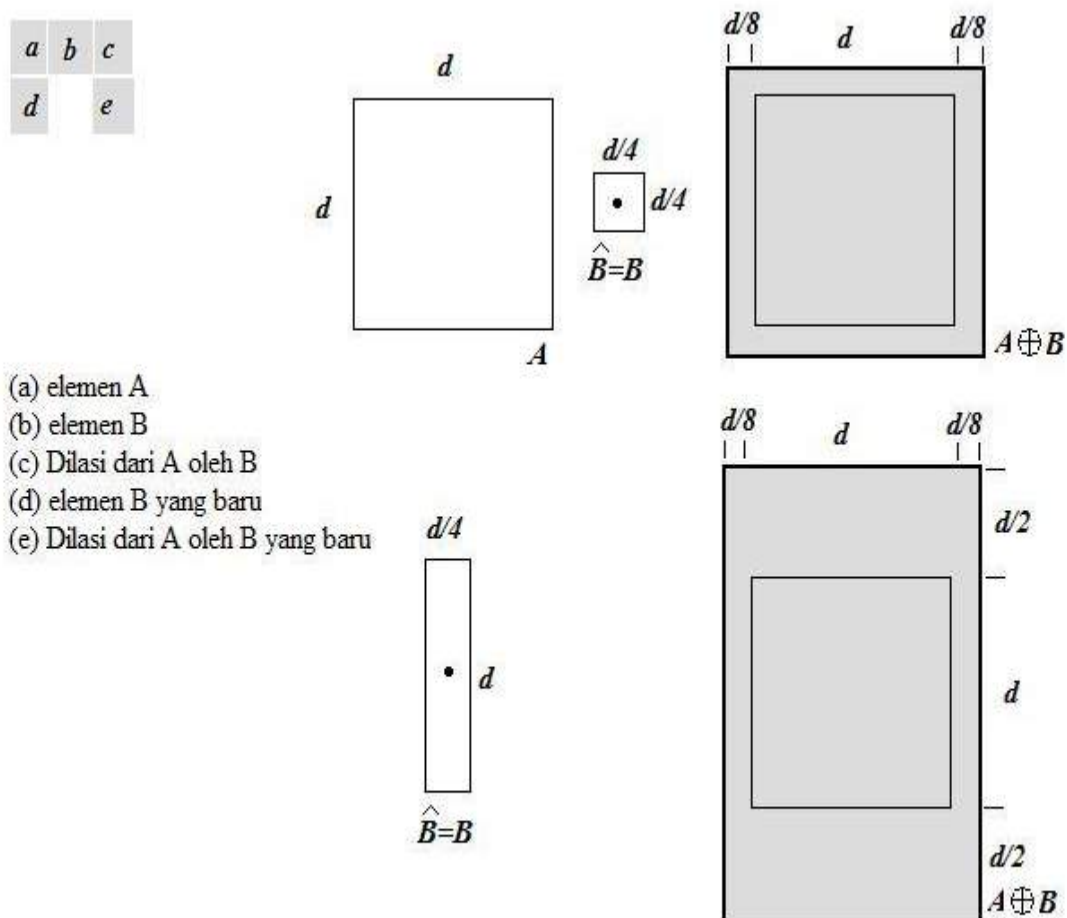
Kata *morphology* menandakan cabang dari biologi yang berhubungan dengan bentuk dan struktur hewan dan tumbuhan. [Gonzales, 2002] Kata *morphology* di sini dihubungkan dengan konteks *mathematical morphology* yang berarti proses yang menggunakan matematika sebagai perangkat untuk mengambil komponen gambar yang berguna untuk ditampilkan ulang dan deskripsi dari *region shape* (seperti *boundaries*, *skeletons* dan *convex hull*). Selain itu dapat digunakan pula sebagai *preprocessing* ataupun *post processing* seperti *filtering*, *thinning*. *Morphological processing* yang digunakan di sini adalah *dilation*, *erosion*, *opening*, *closing*, dan *morphological gradient*.

2.7.1 Dilasi (Dilation)

Dengan A dan B terletak pada Z^2 , dilasi A oleh B , ditandai oleh $A \oplus B$, didefinisikan

$$A \oplus B = \{x \mid (B)_x \cap A \neq \emptyset\}$$

Persamaan ini didapat dari refleksi dari B pada titik asal dan kemudian digeser sebesar x . Dilasi A oleh B adalah kumpulan dari semua pergantian x sehingga \hat{B} dan A saling bertumpuk pada paling sedikit 1 elemen yang bukan 0 (nol). Ilustrasi proses dapat dilihat pada Gambar 2.6.



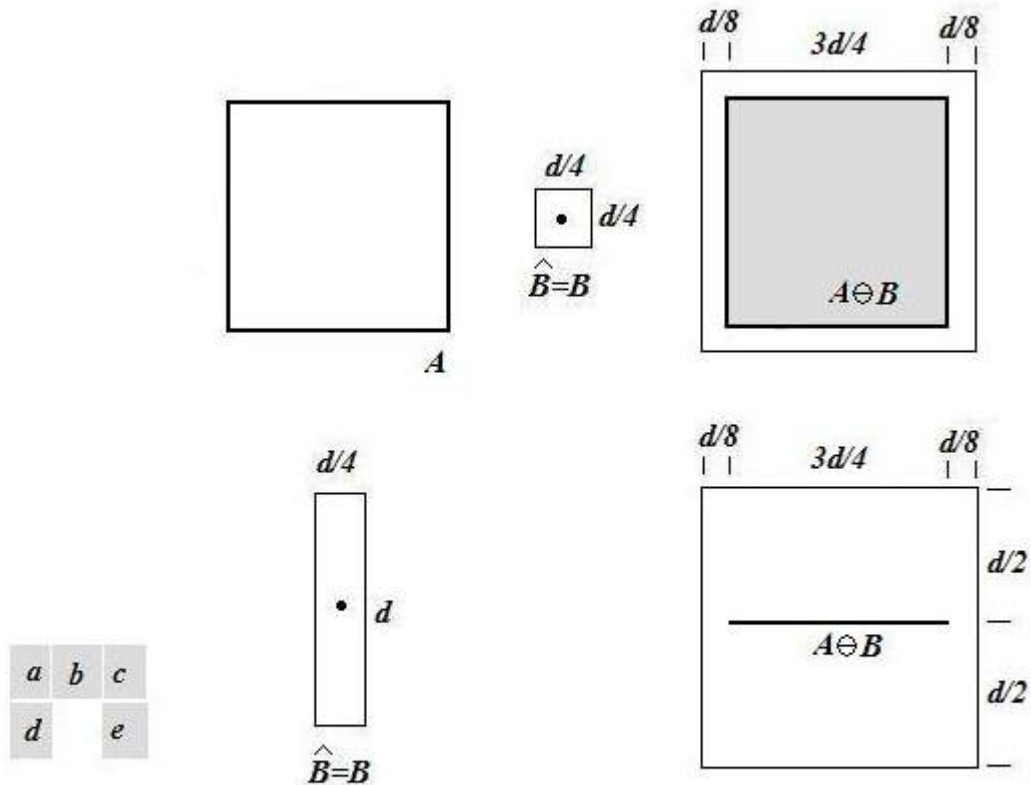
Gambar 2.6 Dilasi A oleh B [Gonzales, 2005]

2.7.2 Erosi (Erosion)

Dengan A dan B terletak pada Z^2 , erosi A oleh B , ditandai oleh $A \ominus B$, didefinisikan

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\}$$

Erosi A oleh B adalah kumpulan dari semua titik x di mana B ditranslasikan oleh x , termasuk di dalam A. Proses erosi diilustrasikan pada Gambar 2.7.



- (a) Elemen A
- (b) Elemen B
- (c) Erosi dari A oleh B (berwarna abu-abu)
- (d) Elemen B yang baru
- (e) Erosi dari A oleh B yang baru

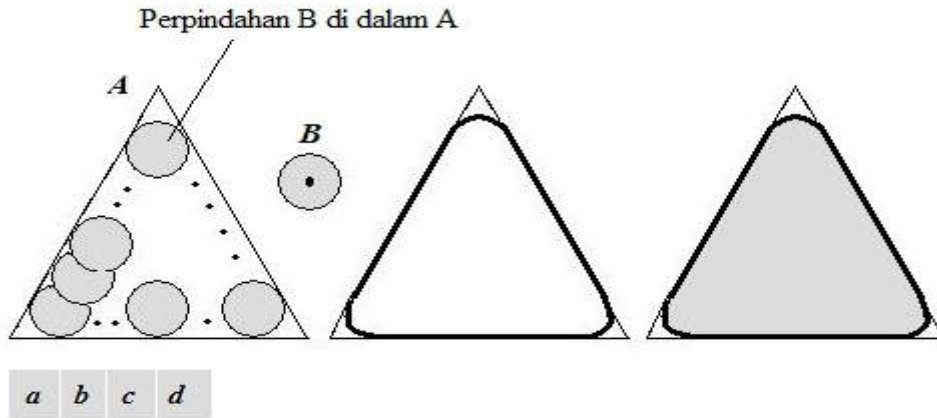
Gambar 2.7. Erosi A oleh B [Gonzales, 2005]

2.7.3 Opening

Seperti yang telah dijelaskan bahwa dilasi memperbesar gambar dan erosi memperkecilnya. *Opening* adalah proses erosi yang kemudian dilanjutkan dengan dilasi. Maka *opening* dari A oleh B, yang ditandai oleh $A \circ B$ dapat didefinisikan :

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

Opening digunakan untuk menghaluskan garis luar dari sebuah objek, menghancurkan *isthmuses* yang sempit dan menghilangkan penonjolan. Proses ini diilustrasikan pada Gambar 2.8.



- (a) Elemen B "meluncur" pada bagian dalam garis batas dari A
- (b) Elemen B
- (c) Garis tebal adalah garis batas dari *opening*
- (d) *Opening* lengkap (berwarna abu-abu)

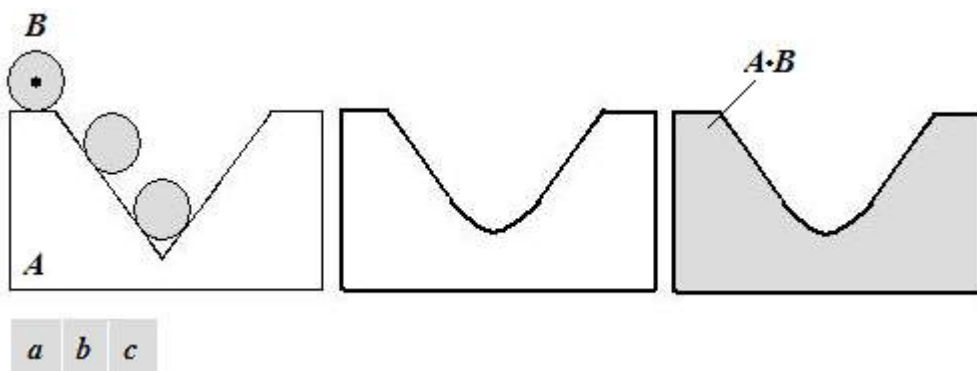
Gambar 2.8 *Opening* A oleh B [Gonzales, 2005]

2.7.4 Closing

Closing adalah kebalikan dari *opening* yaitu proses dilasi yang kemudian dilanjutkan dengan erosi. Maka *closing* dari A oleh B, yang ditandai oleh $A \bullet B$ dapat didefinisikan :

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$

Closing digunakan untuk menghaluskan garis luar sebuah objek tetapi kebalikan dari *opening*, *closing* menghilangkan lubang, celah, dan lain-lain.



- (a) Elemen B "meluncur" pada bagian luar garis batas dari A
- (b) Garis tebal adalah garis batas dari *closing*
- (c) *Closing* lengkap (berwarna abu-abu)

Gambar 2.8 *Closing* A oleh B [Gonzales, 2005]

2.8. Segmentasi Citra

Proses awal yang dilakukan dalam menganalisis objek pada citra biner adalah segmentasi objek. Proses segmentasi bertujuan mengelompokan piksel-piksel objek menjadi wilayah yang mempresentasikan objek.

Segmentasi gambar adalah pemisahan objek yang satu dengan objek yang lain dalam suatu gambar . Terdapat tiga pendekatan utama dalam segmentasi citra yaitu:

1. *Classification-based*: segmentasi berdasarkan kesamaan suatu ukuran dari nilai *pixel*. Salah satu cara paling mudah adalah *thresholding*. *Thresholding* ada 2 macam yaitu global dan lokal. Pada *thresholding* global, segmentasi berdasarkan pada sejenis histogram. Pada *thresholding* lokal, segmentasi dilakukan berdasarkan posisi pada gambar, gambar dibagi menjadi bagian-bagian yang saling melengkapi, jadi sifatnya dinamis.
2. Segmentasi yang didasarkan pada wilayah (*region-based*) bekerjanya berdasarkan keseragaman yang ada pada sub-wilayah tersebut.

Dalam *computer vision*, segmentasi mengacu pada proses pembagian citra digital ke dalam *multiple region*. Tujuan akhir dari segmentasi adalah menyederhanakan dan atau merubah representasi suatu citra ke dalam gambaran yang lebih mempunyai arti dan lebih mudah untuk dianalisa. Segmentasi citra secara khusus digunakan untuk melokalisasi objek atau batas (berupa garis, kurva, dan lain-lain) dalam citra. Hasil dari segmentasi citra adalah sekumpulan wilayah yang melingkupi citra tersebut, atau sekumpulan kontur yang diekstrak dari citra (pada deteksi tepi).

3. Didasarkan pada tepi (*edge-based*). Segmentasi didasarkan pada tepi membagi citra berdasarkan diskontinuitas di antara sub-wilayah. Pada citra biner, batas antara objek dengan latar belakang terlihat jelas. Piksel objek berwarna putih sedangkan piksel latar belakang berwarna hitam. Pertemuan antara piksel putih dan hitam dimodelkan sebagai segmen garis. Penelusuran batas wilayah dianggap sebagai pembuatan rangkaian keputusan untuk bergerak lurus, belok kiri, atau belok kanan.

2.9. Representasi Kontur

Rangkaian piksel-piksel tepi yang membentuk batas daerah disebut kontur. Kontur dapat terbuka atau tertutup. Kontur tertutup berkorensponden dengan batas yang mengelilingi suatu daerah. Piksel-piksel di dalam daerah dapat ditemukan

dengan algoritma pengisian (*filling algorithms*). Batas daerah berguna untuk mendiskripsikan bentuk objek dalam tahap analisis citra misalnya untuk mengenali objek. Kontur terbuka dapat berupa fragmen garis atau bagian dari batas daerah yang tidak membentuk sirkuit.

Representasi kontur berupa senarai tepi atau berupa kurva. Senarai tepi merupakan himpunan terurut piksel-piksel tepi. Jika diberikan sebuah citra (asumsi biner/hitam putih), pola yang harus dihasilkan adalah penelusuran dalam bentuk rangkaian piksel.

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Sistem retrieval citra medis berdasarkan konten dipergunakan terutama dalam domain pengajaran, riset kedokteran, serta diagnosis. Domain riset kedokteran maupun diagnosis diperlukan untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam menangani penyakit pasien. Dengan kemampuan penyimpanan database yang besar dan fasilitas retrieval berdasarkan konten, metode retrieval citra medis berdasarkan konten ini dapat pula dipergunakan dalam domain pengklasifikasian citra medis.

Proses pengklasifikasian citra medis khususnya citra X-ray, yang didasarkan pada konten citra itu sendiri membutuhkan suatu database yang besar serta perangkat lunak yang dapat mempermudah proses pendokumentasian, khususnya pengklasifikasian citra X-ray pasien.

3.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan membuat perangkat lunak yang dapat mengklasifikasikan citra X-ray pasien secara otomatis berdasarkan fitur bentuk objek. Selain itu untuk melengkapi proses perangkat lunak dibuat database yang dapat menyimpan semua citra X-ray asli dan citra hasil proses pengklasifikasian.

Penelitian ini dilaksanakan dalam tiga tahap atau tiga tahun, di mana masing-masing tahap merupakan suatu rangkaian proses pembuatan perangkat lunak yang berkelanjutan. Setiap tahap bertujuan memperoleh hasil yang memuaskan sehingga pada tahap akhir diperoleh produk perangkat lunak yang betul-betul dapat membantu pekerjaan pengklasifikasian citra X-ray untuk bagian Radiologi di rumah sakit.

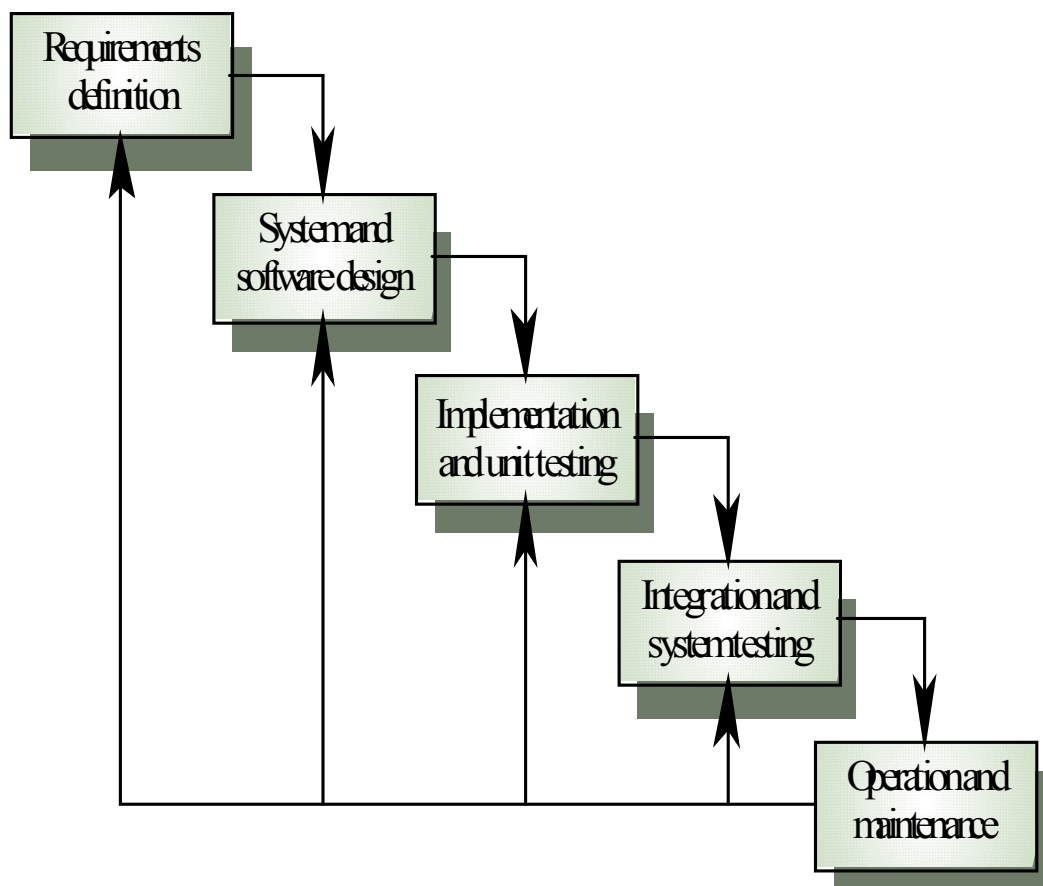
Pada tahap pertama atau tahun pertama ini, penelitian difokuskan untuk membuat database yang mendokumentasikan citra X-ray asli dan citra hasil pemrosesan. Di samping itu, penelitian ini juga membuat perangkat lunak untuk menyimpan, menampilkan dan memproses citra X-ray. Proses pengolahan citra yang dilakukan terhadap citra X-ray adalah proses segmentasi citra X-ray untuk mendapatkan fitur bentuk objek yang akan digunakan pada tahap selanjutnya di tahun kedua sebagai pengidentifikasi dalam proses pengklasifikasian citra X-ray menurut anatomi tubuh.

3.2. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian Tahap Pertama ini berupa database citra X-ray yang mendokumentasikan citra X-ray asli dan citra X-ray hasil pemrosesan. Database citra X-ray yang sudah terbentuk diharapkan dapat digunakan untuk proses selanjutnya yakni proses pengklasifikasian citra X-ray sehingga dapat melengkapi perangkat lunak yang terbentuk di tahap pertama. Perangkat lunak yang dapat mengklasifikasikan citra X-ray menjadi organ tubuh kepala, dada, tangan, lengan, leher, rongga perut serta kaki secara otomatis dapat dimanfaatkan oleh bagian Radiologi di rumah sakit sehingga dapat mempermudah pendokumentasian citra X-ray pasien.

BAB IV. METODE PENELITIAN

Metode pembuatan perangkat lunak ini diambil dari [Pressman, 1992], seperti terlihat pada Gambar 4.1. Tahap pertama tahap investigasi awal dan analisis, investigasi ini dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai permasalahan yang dihadapi dalam proses pengklasifikasian citra X-ray. tahap analisis. Pada tahap ini dilakukan analisis mengenai tingkat kebutuhan pemakai terhadap perangkat lunak pengklasifikasi citra X-ray. Tingkat kebutuhan yang dimaksud adalah lingkup dan kedalaman dari perangkat yang dibutuhkan yang dapat membantu mereka dalam melakukan proses pengklasifikasian citra X-ray. Pendefinisian terhadap kebutuhan pemakai ini berupa data citra X-ray, fungsi-fungsi yang berhubungan dengan metode pengklasifikasian citra X-ray serta *interface* yang memudahkan pengguna.



Gambar 4.1. Siklus Perancangan Perangkat Lunak [Pressman, 1992]

Tahap kedua adalah tahap *design* (perancangan). Pada tahap ini sebuah rancangan dari perangkat lunak yang akan dibangun diselesaikan. Rancangan yang dihasilkan berisi diagram alur data, struktur database, tampilan input, tampilan output.

Tahap ketiga adalah tahap *implementation* atau *coding*. Berdasarkan rancangan sistem yang diperoleh pada tahap kedua, dibuatlah aplikasinya dengan menggunakan bahasa pemrograman Java dan aplikasi MySQL untuk pembuatan database.

Tahap keempat adalah *integration and testing*. Pada tahap ini perangkat lunak yang dihasilkan dari tahap ketiga akan diintegrasikan dengan database kemudian dilakukan pengujian untuk mengecek dan melihat aplikasi yang dihasilkan dari tahap *coding*. Pengguna akan memberikan komentar dan masukan untuk perbaikan sistem. Jika masukan dari pengguna perlu diakomodasi, maka proses akan kembali ke tahap ketiga untuk dilakukan analisis kembali, dilanjutkan dengan perbaikan rancangan sistem, dan perbaikan program.

Tahap kelima, jika sudah tidak ada masalah, dilakukan tahap konstruksi final. Pada tahap ini dilakukan finalisasi proses *coding* dan pengoperasian dari perangkat lunak pengklasifikasi citra X-ray pada keadaan yang sebenarnya.

4.1. Metodologi Penelitian

Pada tahap pertama atau tahun pertama ini, penelitian difokuskan untuk membuat database yang mendokumentasikan citra X-ray asli dan citra hasil pemrosesan. Di samping itu, penelitian ini juga membuat perangkat lunak untuk menyimpan, menampilkan dan memproses citra X-ray.

Berdasarkan Siklus Perancangan Perangkat Lunak dan tujuan yang ingin dicapai pada tahun pertama ini maka tahap-tahap penelitian yang dilakukan adalah :

1. mengidentifikasi kebutuhan paramedis ataupun dokter pada saat proses pengklasifikasian citra X-ray atau pendokumentasian citra X-ray dengan mendatangi bagian Radiologi di Rumah Sakit Cipto Mangunkusuma, Jakarta
2. mengidentifikasi dan mengumpulkan citra X-ray yang umum digunakan pada bagian Radiologi. Dari hasil pengumpulan di bagian Radiologi di Rumah Sakit Cipto Mangunkusuma, Jakarta diperoleh data citra X-ray digital sebanyak 500 citra X-ray yang terdiri dari antara lain gambar organ tubuh kepala, tangan, lengan, dada, rongga perut dan kaki.

3. memperbaiki kualitas citra X-ray yang telah dikumpulkan agar diperoleh citra dengan intensitas yang baik, tajam dan tidak kabur serta bersih dari derau yang dapat mengganggu proses pengklasifikasian
4. membuat database dari citra X-ray yang telah dikumpulkan
5. merancang perangkat lunak pengklasifikasi citra X-ray secara konseptual untuk mempermudah proses implementasi dari perancangan perangkat lunak pengklasifikasi citra X-ray dengan membuat diagram alur
6. pembuatan database citra X-ray dengan aplikasi MySQL dan coding menggunakan bahasa pemrograman Java

4.1.1. Teknik Perbaikan Kualitas Citra X-ray

Citra X-ray yang diperoleh dari bagian Radiologi mempunyai kualitas citra yang beragam. Hal ini dipengaruhi oleh proses akuisisi citra X-ray itu sendiri dan juga proses digitalisasi yang tidak seragam. Citra X-ray berdimensi dua memiliki kecenderungan gelap, samar-samar dan terdapat derau. Citra X-ray yang terlalu gelap akan mempengaruhi proses ekstraksi fitur terutama fitur bentuk objek. Untuk itu pada citra X-ray perlu dilakukan perbaikan kualitas citra, dalam hal ini adalah kecermerlangan citra menggunakan teknik perataan histogram (*histogram equalization*). Teknik perataan histogram telah dijelaskan pada Bab II sebelumnya. Kemudian untuk lebih menormalkan penyebaran nilai intensitas citra dilanjutkan dengan proses peregangan kontras.

4.1.2. Teknik Segmentasi Citra X-ray

Proses segmentasi citra terdiri dari beberapa sub proses diantaranya: *Grayscaleing*, *threshold*, deteksi tepi, pengisian (*filling*), *opening*, *closing*, dan yang terakhir representasi kontur. Semua proses ini telah dijelaskan pada Bab II sebelumnya.

Pada penelitian ini dilakukan dua cara segmentasi citra yakni pertama proses segmentasi dilakukan setelah kualitas citra, khususnya kecermerlangan citra diperbaiki terlebih dahulu; kedua proses segmentasi citra tanpa dilakukan proses perbaikan kualitas citra. Hal ini dilakukan untuk memperoleh hasil segmentasi citra yang terbaik

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra X-ray yang digunakan sebagai objek penelitian adalah sebanyak 500 buah citra X-ray organ tubuh manusia yang didapatkan dengan cara pengambilan data citra digital dari Rumah Sakit Cipto Mangunkusuma, Jakarta. Citra X-ray organ tubuh manusia yang dipergunakan yaitu kepala, leher, dada, tangan, lengan, kaki, lutut dan lain-lain. Citra X-ray yang diperoleh memiliki kualitas yang berbeda-beda sehingga hal ini akan mempengaruhi dalam proses segmentasi citra, seperti terlihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



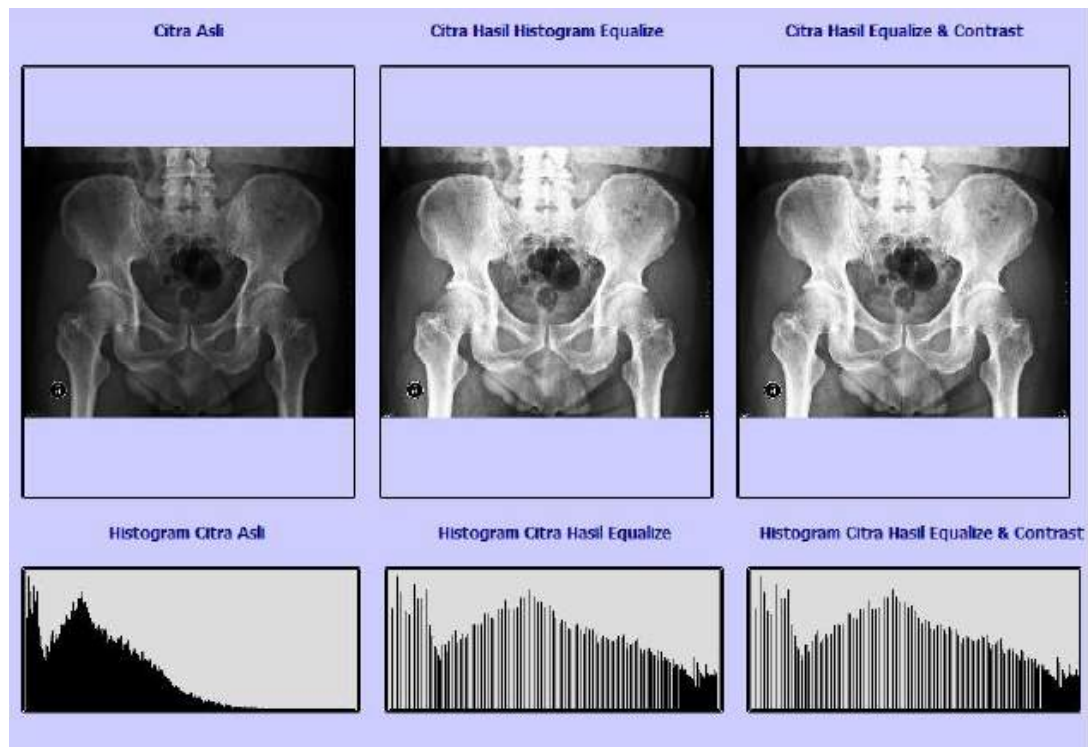
Gambar 5.1. Citra X-ray Rongga Perut, Bahu dan Kepala

Gambar 5.1. memperlihatkan citra X-ray yang terlalu terang dan gelap serta terdapatnya objek-objek yang bukan objek citra utama. Akan tetapi pada penelitian ini hanya memperhatikan kecemerlangan dari citra saja.

5.1. Proses Perataan Histogram

Citra X-ray yang cenderung gelap ataupun terang dapat dilihat dengan mudah menggunakan histogram, seperti pada contoh Gambar 5.2. Gambar citra X-ray rongga perut memiliki kecenderungan gelap diperlihatkan dari grafik histogram yang cenderung mendekati ke nilai 0 (gelap). Pada Gambar 5.2. diperlihatkan juga citra X-ray yang diperbaiki dengan perataan histogram dan peregangan kontras, berikut dengan histogramnya. Dari histogram citra asli terlihat perbedaan yang nyata dengan

histogram dari citra yang telah diperbaiki. Kecenderungan grafik bergeser dari nilai 0, itu berarti citra menjadi agak terang.



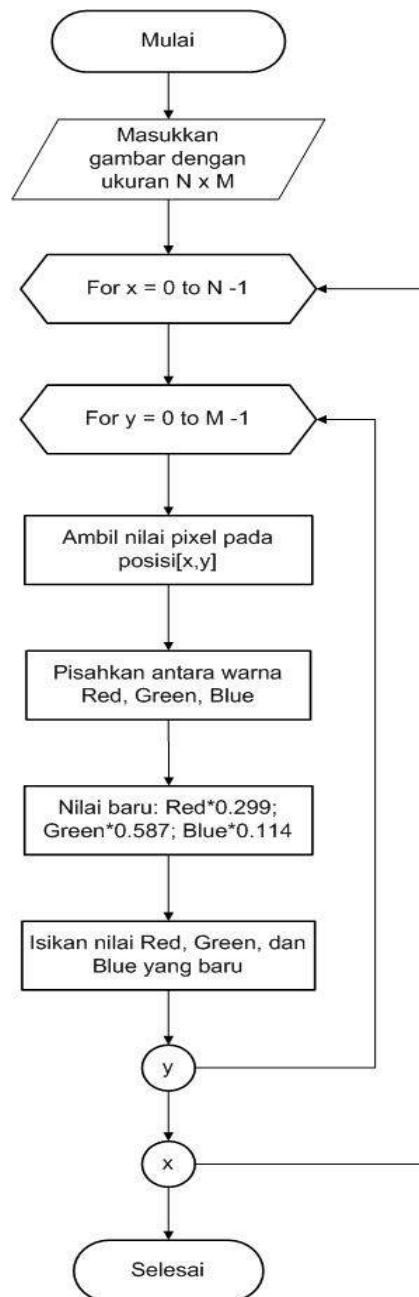
Gambar 5.2. Citra X-ray Rongga Perut dan Histogram

5.2. Proses Segmentasi Citra

Proses segmentasi citra terdiri dari beberapa sub-proses diantaranya: *grayscaleing*, *threshold*, deteksi tepi, pengisian (*filling*), *opening*, *closing*, dan yang terakhir representasi kontur.

5.2.1. Proses *Grayscaleing*

Proses *grayscaleing* adalah proses untuk mengubah gambar yang memiliki warna menjadi gambar yang memiliki tingkat warna abu-abu (*gray-level*). Pada Gambar 5.3. digambarkan cara kerja proses ini dalam bentuk diagram alur.

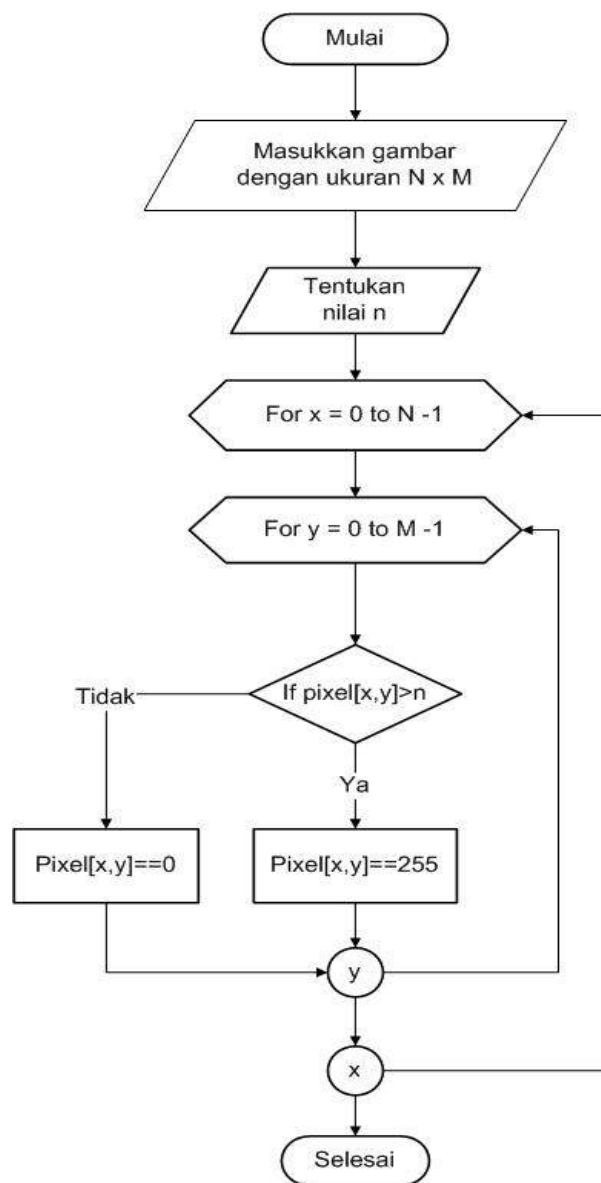


Gambar 5.3. Diagram Alur Proses *Grayscale*

Gambar yang akan di-*grayscale* nilai tiap titik akan disamakan nilai *Red*, *Green*, dan *Blue*-nya sehingga untuk tiap titik hanya memiliki 1 nilai saja yang disebut nilai *gray-level*-nya. Pada Gambar 5.3. proses *grayscale* yang digunakan mengambil persentasi tertentu dari masing-masing warna kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan nilai yang baru. Cara lainnya yaitu langsung membagi sama rata ketiga nilai warna tersebut untuk mendapatkan nilai yang baru (dicari rata-rata dari ketiga nilai warna *Red*, *Green*, dan *Blue*).

5.2.2. Proses *Thresholding*

Proses *thresholding* adalah proses untuk mengubah gambar yang memiliki tingkat warna abu-abu menjadi gambar biner berdasarkan suatu nilai tertentu yang menjadi tolok ukur. Pada Gambar 5.4. dijelaskan bagaimana cara kerja algoritma ini dalam bentuk diagram alur. Nilai n pada gambar tersebut menunjukkan batas yang menjadi tolok ukur perubahan nilai tiap piksel, apakah menjadi 0 (hitam) atau 255 (putih). Dari hasil uji coba diperoleh nilai $threshold = 100$ untuk citra X-ray tanpa perataan histogram sedangkan nilai $threshold = 230$ untuk citra X-ray yang mengalami perataan histogram.



Gambar 5.4. Diagram Alur Proses *Thresholding*

5.2.3. Proses Deteksi Tepi

Deteksi tepi adalah suatu prosedur untuk mendeteksi tepi objek yang akan diambil dengan sebuah garis terhubung. Pendeteksian tepi bertujuan untuk meningkatkan penampakan garis batas dari daerah atau objek di dalam citra dan dilakukan untuk memudahkan perhitungan parameter-parameter tepi objek. Metode pendeteksian tepi yang digunakan adalah dengan melakukan operasi konvolusi dengan kernel Laplace of Gaussian berukuran 5×5 .

5.2.4. Proses *Filling*, Erosi dan Dilasi

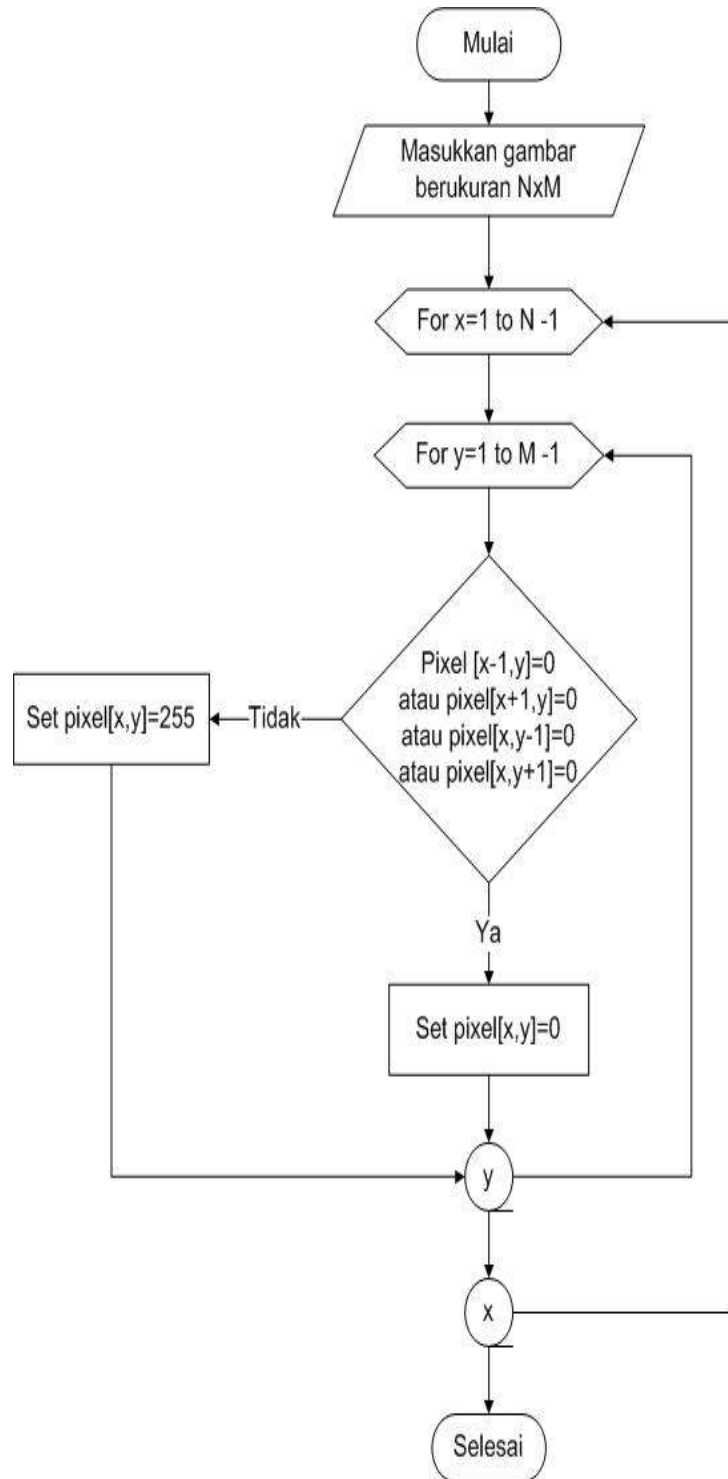
Proses *filling* merupakan proses pengisian area objek dengan objek polygon (objek tidak beraturan) menggunakan Algoritma Flood Fill. Metode ini dimulai pada titik (x,y) dan mendefinisikan seluruh piksel pada bidang tersebut dengan warna yang sama. Bila bidang yang akan diisi warna memiliki beberapa warna, pertama-tama yang dibuat adalah membuat nilai piksel baru, sehingga semua piksel memiliki warna yang sama.

Proses erosi dan dilasi adalah proses *morphological* yang digunakan untuk menghaluskan gambar sehingga lebih mudah untuk disegmentasi. Gambar 5.5. menjelaskan cara kerja algoritma dari erosi dan Gambar 5.6. memperlihatkan cara kerja algoritma dari dilasi.

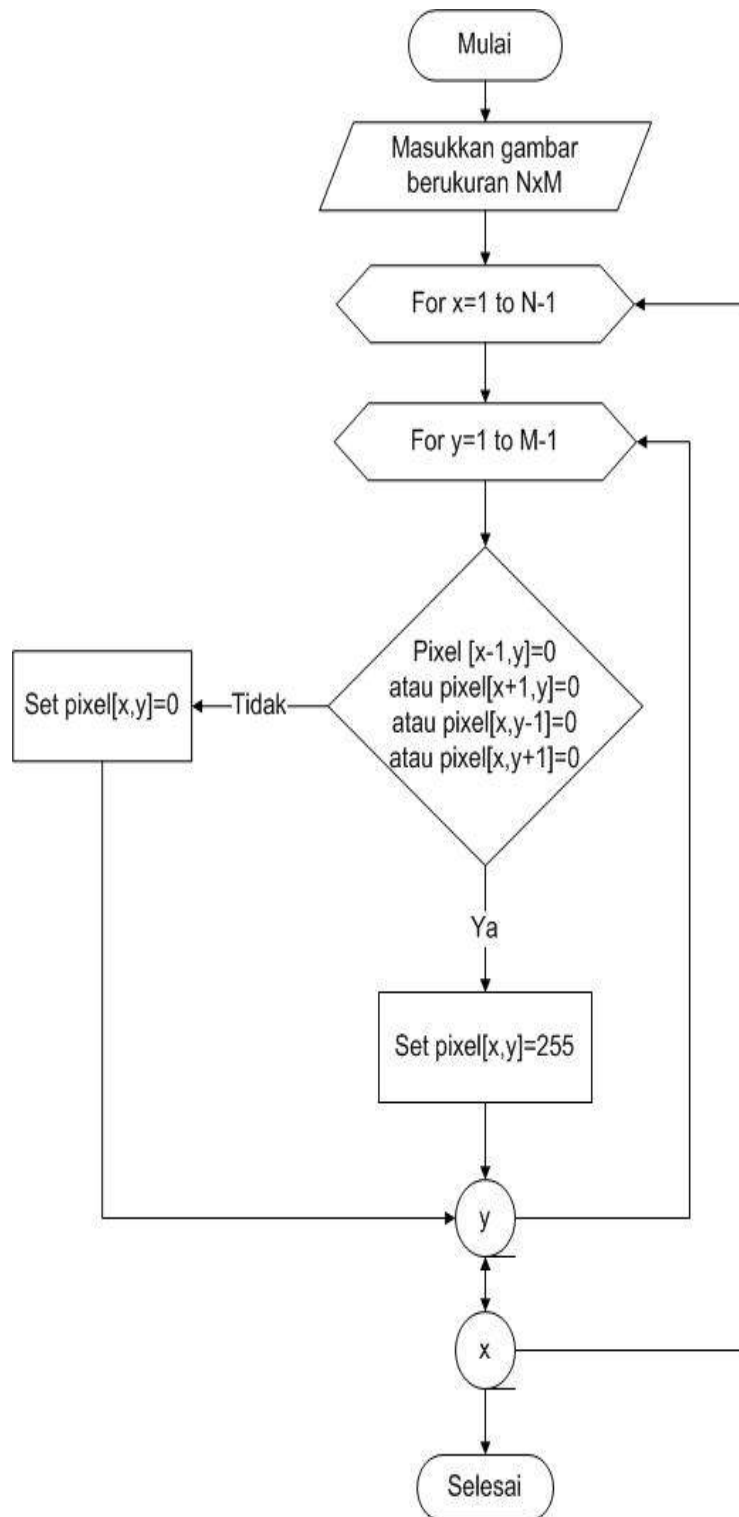
5.2.5. Proses Representasi Kontur

Berdasarkan hasil objek citra yang diperoleh dari proses dilasi, erosi dan *filling* diperoleh suatu area atau wilayah. Rangkaian piksel-piksel tepi yang membentuk batas wilayah disebut kontur. Kontur dapat terbuka atau tertutup. Kontur tertutup berkoresponden dengan batas yang mengelilingi suatu daerah. Piksel-piksel di dalam daerah dapat ditemukan dengan algoritma pengisian (*filling algorithms*). Batas daerah berguna untuk mendiskripsikan bentuk objek dalam tahap analisis citra misalnya untuk mengenali objek. Kontur terbuka dapat berupa fragmen garis atau bagian dari batas daerah yang tidak membentuk sirkuit.

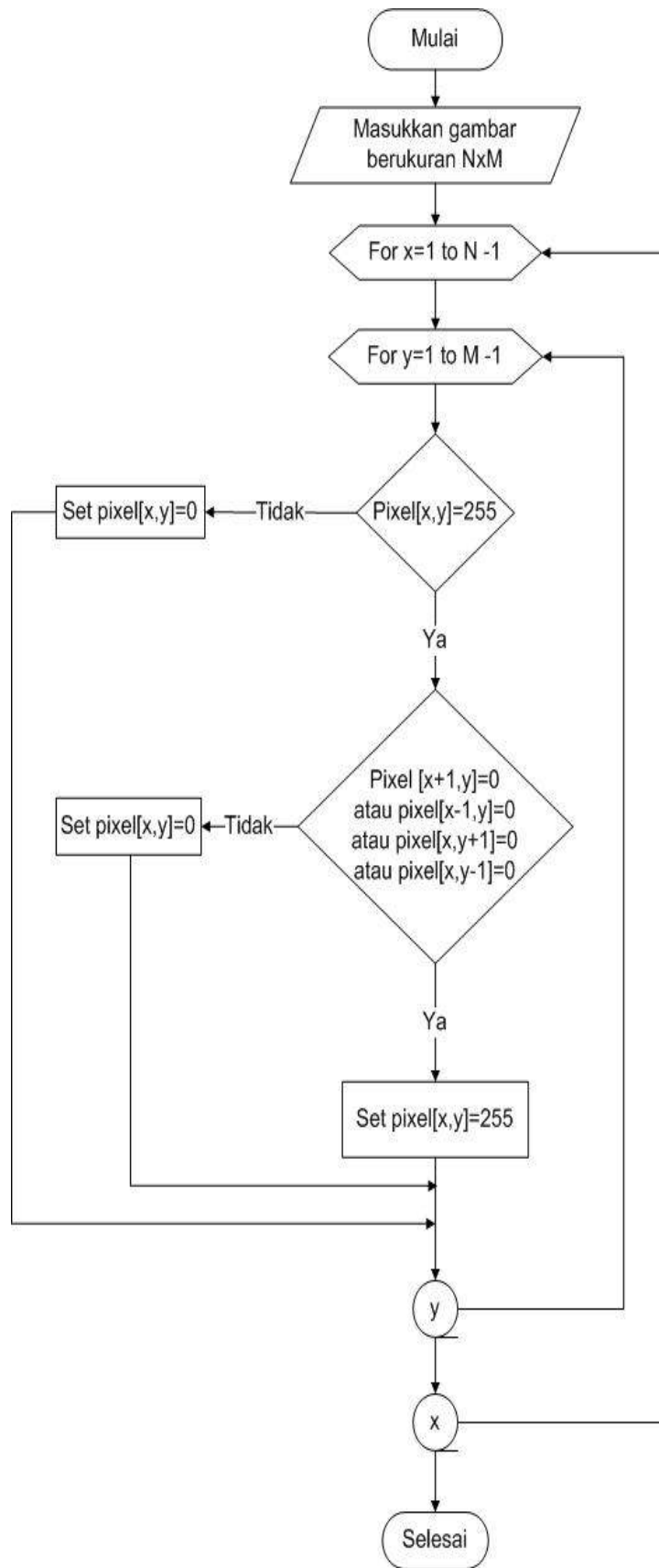
Representasi kontur berupa senarai tepi atau berupa kurva. Senarai tepi merupakan himpunan terurut piksel-piksel tepi. Jika diberikan sebuah citra (asumsi biner/hitam putih), pola yang harus dihasilkan adalah penelusuran dalam bentuk rangkaian piksel.



Gambar 5.5. Diagram Alur proses Erosi



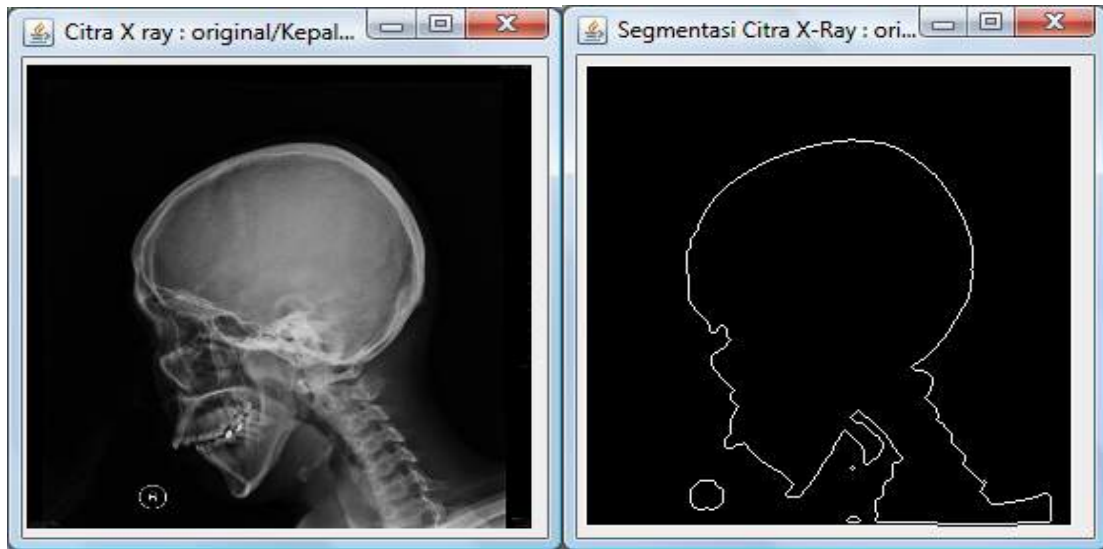
Gambar 5.6 Diagram Alur Dilasi



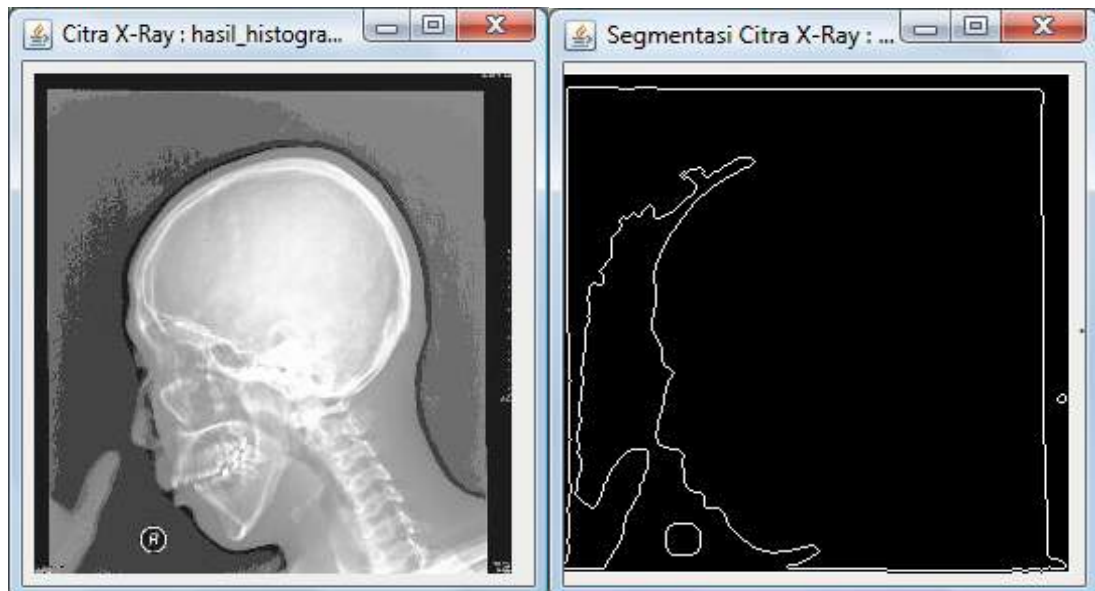
Gambar 5.7. Diagram Alur Representasi Kontur

5.3. Hasil Segmentasi Citra

Pada proses segmentasi citra X-ray untuk mendapatkan bentuk objek citra yang baik dilakukan dua proses segmentasi yakni langsung terhadap citra X-ray asli dan terhadap citra yang telah mengalami perataan histogram. Kedua hasil dari proses segmentasi ini diperlihatkan pada Gambar 5.8. dan Gambar 5.9.



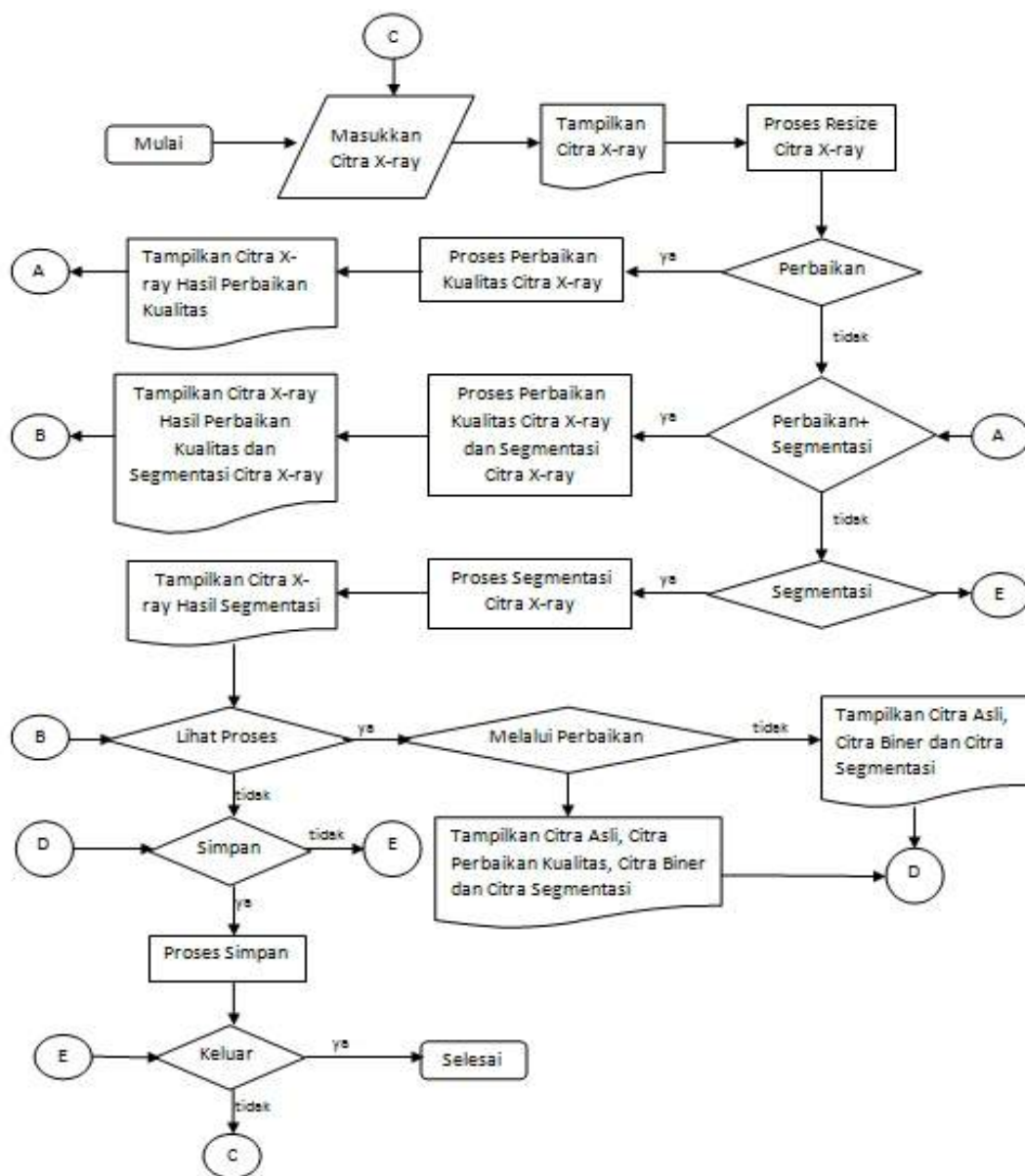
Gambar 5.8. Hasil Segmentasi Citra X-ray Tanpa Perataan Histogram



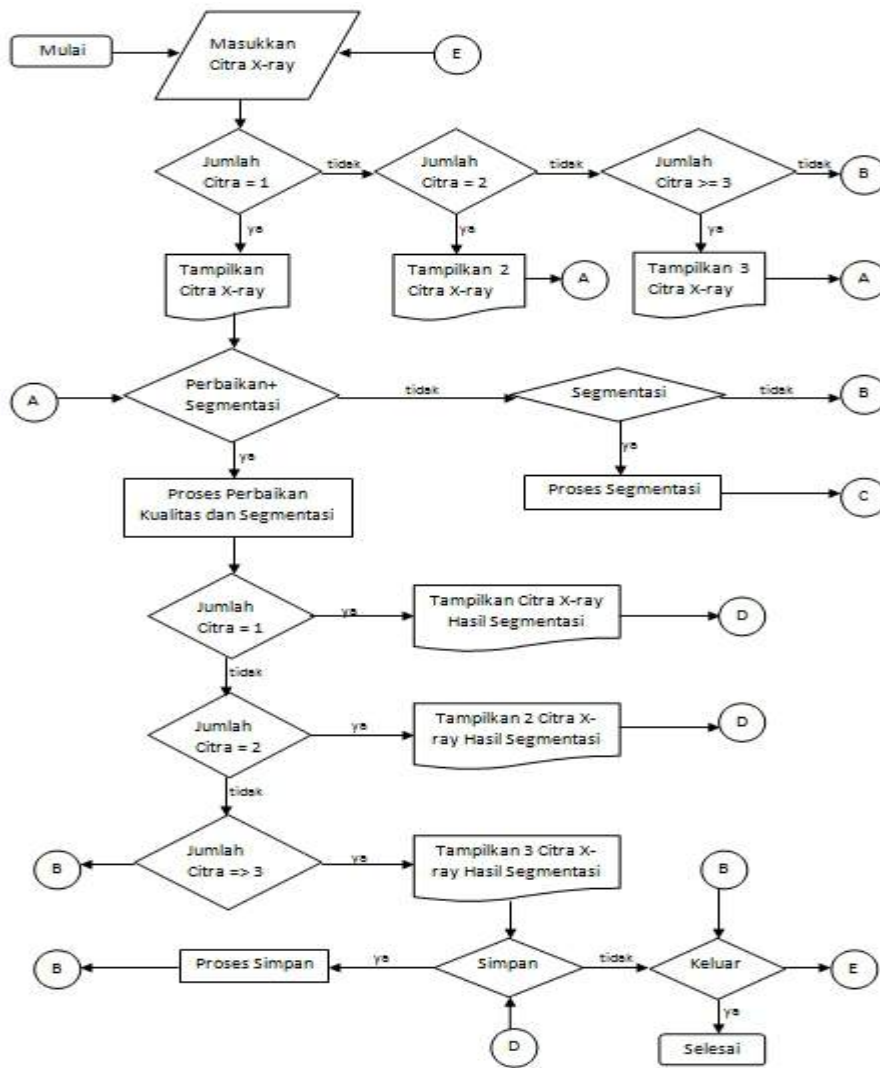
Gambar 5.9. Hasil Segmentasi Citra X-ray Dengan Perataan Histogram

Gambar 5.8. memperlihatkan hasil segmentasi terhadap citra X-ray kepala yang tidak mengalami perataan histogram dimana bentuk objek yang diperoleh terlihat jelas dan utuh, walaupun terdapat bentuk objek lain yang bukan menjadi target objek utama. Sebaliknya pada Gambar 5.9. hasil segmentasi terhadap citra X-ray yang telah diperbaiki dengan perataan histogram memberikan hasil yang tidak memuaskan karena bentuk objek citra yang diperoleh tidak merepresentasikan bentuk objek citra yang sebenarnya.

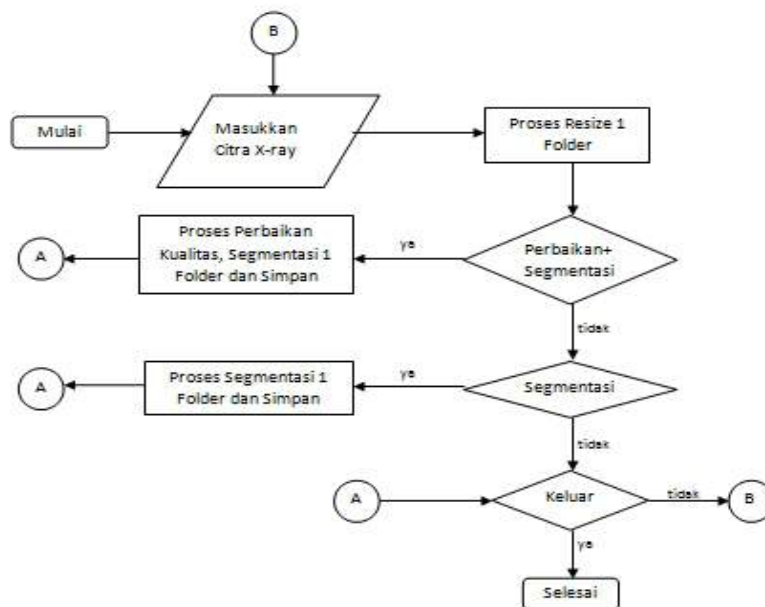
5.4. Diagram Alur Perangkat Lunak Pengklasifikasi Citra X-ray (Segmentasi)



Gambar 5.10. Diagram Alur Proses Satu Citra



Gambar 5.11. Diagram Alur Proses Banyak Citra

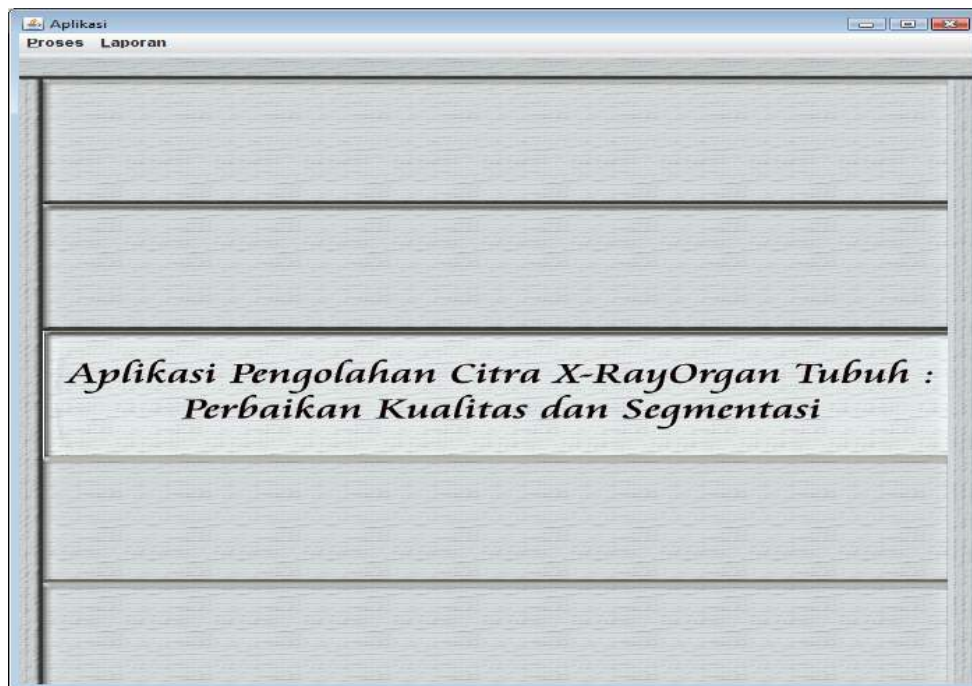


Gambar 5.12. Diagram Alur Proses Folder

Alur dari perangkat lunak pengklasifikasi citra X-ray, dalam hal ini hanya sampai dengan proses segmentasi citra X-ray digambarkan pada Gambar 5.10, 5.11, dan 5.12. Sesuai dengan tujuan yang diinginkan perangkat lunak ini dapat menyimpan citra X-ray asli maupun citra hasil pemrosesan ke dalam database dengan mudah. Di samping itu proses pengolahan citra, terutama segmentasi citra dapat dilakukan dengan cepat pula secara satu-satu citra, lebih dari satu citra dan sekaligus satu folder. Hasil dari pemrosesanpun dapat dilihat langsung.

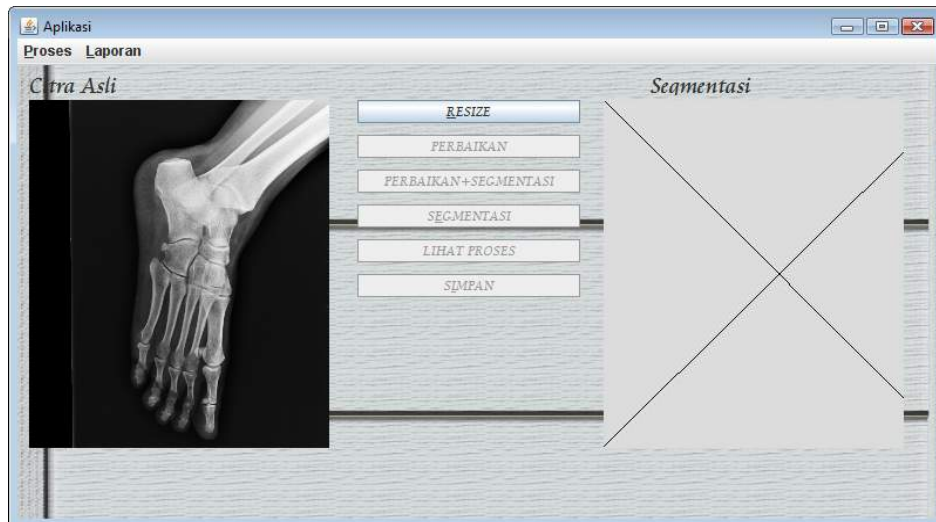
5.5. Hasil Tampilan Perangkat Lunak Pengklasifikasi Citra X-ray (Segmentasi)

Tampilan awal dari perangkat lunak pengklasifikasi citra X-ray, terutama proses segmentasi, diperlihatkan pada Gambar 5.13 berikut ini.



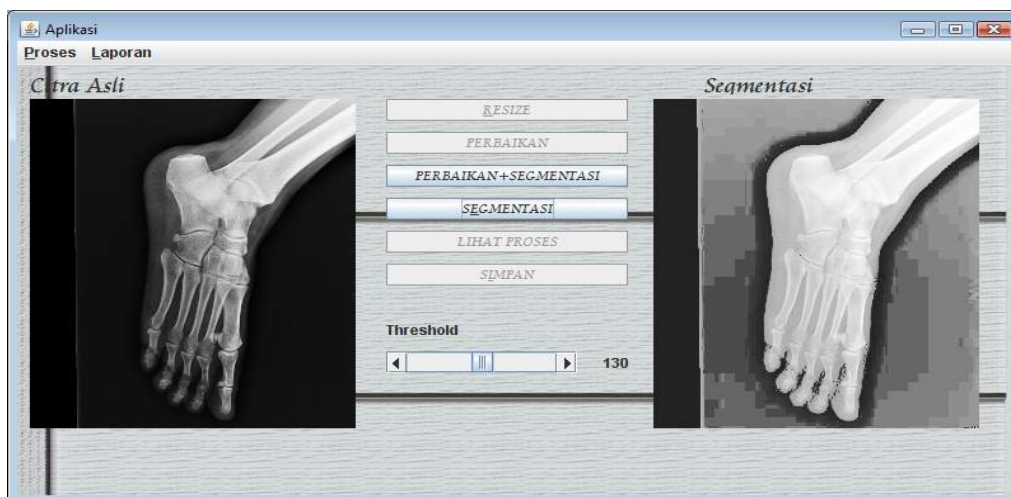
Gambar 5.13. Tampilan Menu Utama

Pada Gambar 5.13 menampilkan Menu Utama dimana terdapat pilihan proses, membuka satu berkas citra X-ray. Halaman satu berkas citra ini digunakan untuk melakukan proses segmentasi 1 buah citra X-ray. Kemudian masukkan citra X-ray. Tampilan halaman untuk satu citra terlihat seperti Gambar 5.14.

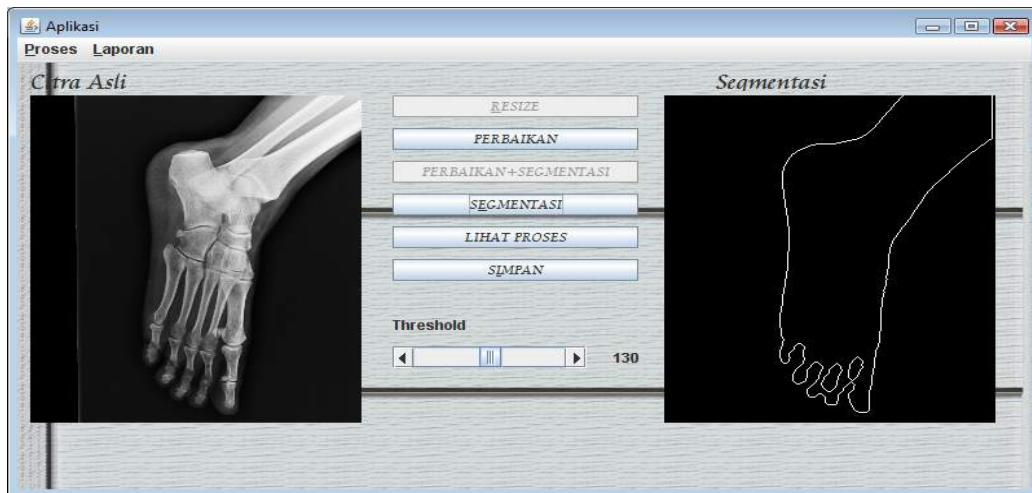


Gambar 5.14. Contoh Satu Citra X-ray

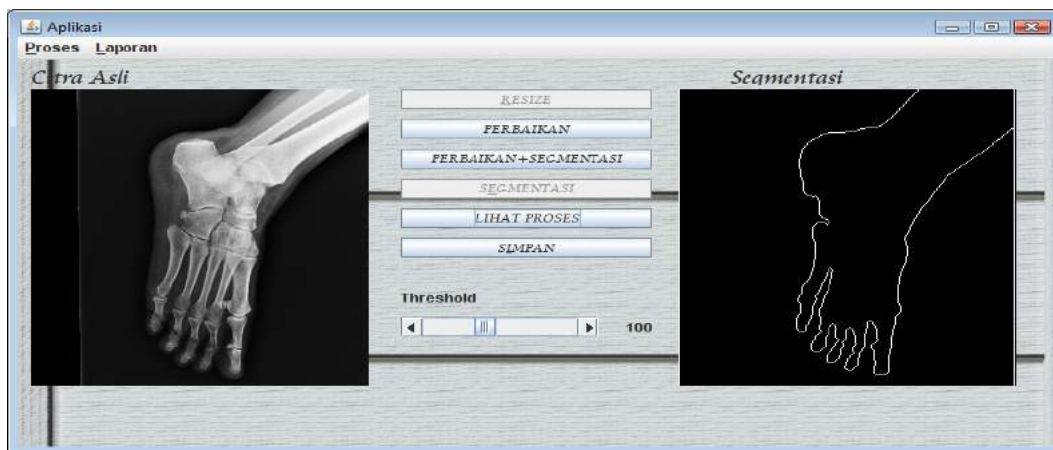
Kemudian terdapat pilihan *resize* untuk mengubah ukuran citra X-ray menjadi 256 x 256. Menu perbaikan untuk melakukan proses perbaikan kualitas citra dengan menggunakan metode histogram, maka akan tampil tampilan seperti gambar 5.15. Selanjutnya menu perbaikan+segmentasi untuk melakukan proses segmentasi melalui proses perbaikan kualitas citra akan muncul tampilan seperti gambar 5.16. Dan untuk menu segmentasi digunakan untuk melakukan proses segmentasi tanpa proses perbaikan kualitas citra seperti tampilan gambar 5.17.



Gambar 5.15. Contoh Perbaikan Satu Berkas Citra



Gambar 5.16. Contoh Perbaikan+Segmentasi Satu Berkas Citra



Gambar 5.17. Contoh Segmentasi Satu Berkas Citra

Menu lihat proses untuk melihat citra asli, citra perbaikan jika melalui proses perbaikan kualitas, citra biner dan citra hasil segmentasi. Gambar 5.16 menunjukkan hasil proses melalui proses perbaikan kualitas dan gambar 5.17 menunjukkan hasil proses tanpa melalui proses perbaikan kualitas.

Secara keseluruhan telah diproses segmentasi sebanyak 500 citra X-ray. Sebanyak 100 hasil proses ditampilkan pada Lampiran A3.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian tahap pertama atau tahun pertama ini telah menghasilkan database dan perangkat lunak yang secara otomatis dapat menyimpan, menampilkan dan memproses citra X-ray khususnya proses segmentasi menggunakan fitur bentuk objek sebagai bagian dalam proses pengklasifikasian citra X-ray. Proses segmentasi yang dilakukan tidak hanya untuk satu citra saja tapi juga bisa sekaligus beberapa citra atau dalam satu folder. Hal ini menyebabkan proses pendokumentasian dan pemrosesan citra menjadi lebih mudah dan cepat.

Berdasarkan hasil pemrosesan terhadap 500 citra X-ray dapat disimpulkan pula bahwa pada proses segmentasi citra X-ray tidak perlu dilakukan proses perbaikan kualitas citra dengan teknik perataan histogram dikarenakan hasil bentuk objek tidak merepresentasikan bentuk objek yang sebenarnya sehingga akan mempersulit proses pengklasifikasian.

DAFTAR PUSTAKA

- Glatard, T., J. Montagnat, and I. E. Magnin. 2004. "Texture-based Medical Image Indexing and Retrieval : Application to Cardiac Imaging". Proc. Of ACM SIGMM Int. Workshop on Multimedia Information Retrieval. New York. USA. pp:135-142
- Gonzales, R.C. and P.Wintz. 1987. Digital Image Processing. Addison Wesley Pub. Company. USA
- Gonzales, R.C., R.E. Woods, and S.L. Eddins. 2005. Digital Image Processing Using MATLAB. Pearson Education, India.
- Haralick, R.M. 1979. "Statistical and Structural Approaches to Texture". Proceeding 4th Int. Joint Conference Pattern Recognition. pp:45-60
- Korn, P, N. Sidiropoulos, C. Faloutsos, E. Siegel, and Z. Protopapas. 1998. "Fast and Effective Retrieval of Medical Tumor Shapes". IEEE Trans. On Knowledge and Data Engineering. 10(6). pp:889-904.
- Lehmann, T.M., B. Wein, J. Dahmen, J. Bredno, F. Vogelsang, and M Kohnen. 2000. "Content-based Image Retrieval in Medical Application : A Novel Multi-Step Approach". Proceeding of. SPIE 3972(32). pp:312-320
- Lehmann T.M., H. Schubert, D. Keysers, M. Kohnen, and B. Wein, 2003. "The IRMA Code for Unique Classification of Medical Images". Proceedings SPIE. 5033: 109-117
- Lehmann, T. M., M. O. Guld, T. Deselaers, D. Keysers, H. Schubert, K. Spitzer, H. Ney, and B. B. Wein. 2005. "Automatic Categorization of Medical Images for Content-based Retrieval and Data Mining". Computerized Medical Imaging and Graphics. 29. Elsevier. pp:143-155
- Long, F, H. Zhang, and D. D. Feng. 2003. "Fundamental of Content-based Image Retrieval". Multimedia Information Retrieval and Management : Technological Fundamentals and Applications
- Ma, W.Y., and B.S. Manjunath. 1997. "Netra : A Toolbox for Navigating Large Image Databases". In International Conference on Image Processing (ICIP). pp:568-571
- Muller, H, N. Michoux, D. Bandon, and A. Geissbuhler, 2004. "A Review of Content-based Image Retrieval Systems in Medical Applications – Clinical Benefits and Future Directions". International Journal of Medical Informatics, 73(1):1-23

- Niblack, W., R. Barber, W. Equitz, M. Flickner, P. Yanker, and J. Ashley. 1993. "The QBIC Project : Querying Images by Content Using Color, Texture and Shape". Proceeding SPIE 1908. pp:173-187
- Pentland. A., R. Picard, and S. Sclaroff. 1996. "Photobook : Content-based Manipulation of Image Databases". International Journal of Computer Vision 18(3). pp: 233-254
- Munir. R, 2004. Pengolahan CITRA DIGITAL dengan Pendekatan Algoritmik, Penerbit INFORMATIKA, Bandung
- Shyu, C., A. Kak, A. Kosaka, A. Aisen, and L. Broderick. 1999. "ASSERT : A Physician-in-the-loop Content-based Image Retrieval System for HRCT Image Databases". In Computer Vision and Image Understanding. Volume 75. pp:111-132
- Smith and Chang, 1996. "Visualseek : A Fully Automated Content-based Image Query System". In ACM International Conference on Multimedia '96". pp:87-98.
- Tagare,H. D., C. Jaffe, and J. Duncan. 1997. "Medical Image Databases : A Content-based Retrieval Approach". Journal of the American Medical Informatics Association, 4(3) :184-198
- Wei, CH., CT. Li, and R. Wilson. 2005. "A Content-based Approach to Medical Image Database Retrieval". In Database Modeling for Industrial Data Management: Emerging Technologies and Applications, Idea Group Publishing