

PENGEMBANGAN PROGRAM PENGOLAHAN CITRA UNTUK RADIOGRAFI DIGITAL

EC Nugroho, Susilo[✉], I Akhlis

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima 5 Januari 2012
Disetujui 10 Maret 2012
Dipublikasikan April 2012

Keywords:
Digital image radiography
Image pixels
Image processing

Abstrak

Telah dikembangkan sebuah program pengolahan citra untuk radiografi digital yang disusun menggunakan perangkat lunak Borland C++ Builder 4 Professional. Untuk melakukan pengolahan terhadap citra radiografi digital, dengan pengolahan terhadap *pixel-pixel* dari citra. Teknik pengolahan citra, meliputi pengaturan kecerahan citra (*image brightness*), kontras citra (*image kontras*), pelembutan citra (*image smoothing*), penajaman citra (*image sharpening*), deteksi tepi (*edge detection*), citra negatif (*negative image*), dan histogram. Hasil pengolahan citra dihasilkan citra radiografi digital yang mudah diinterpretasi lebih teliti oleh pengamat. Tujuan penelitian ini adalah mendesain perangkat lunak pengolahan citra radiografi digital. Perangkat yang telah disusun kemudian digunakan untuk melakukan pengolahan terhadap citra radiografi digital. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kualitas citra radiografi digital, sehingga dapat membantu seorang radiographer dalam mendiagnosa atau menginterpretasikan citra radiografi digital lebih teliti. Citra radiografi awal dan citra hasilnya dapat dilihat pada layar monitor sehingga kualitas pengolahan dapat dibandingkan secara langsung.

Abstract

The image processing program has been developed for digital radiography that is designed by using software Borland C++ Builder 4 Professional to process the radiography digital image with image pixels processing. Image processing technique consists of image brightness, image contrast, image smoothing, image sharpening, edge detection, and negative image and histogram. From the result of image processing it produced radiography image that is easier to interpret by the observer. The purpose of this research is to design the software of image processing for digital radiography. Then the software is used as the image processor for digital radiography. The result shows that there is a quality improvement of digital radiography image, so it can help the radiographer to diagnose or interpret the detail radiography image. We also can see the radiography image and its result in the monitor screen and compare the quality of processing directly.

© 2012 Universitas Negeri Semarang

[✉]Alamat korespondensi:
Gedung D7 Lantai 2 FMIPA Unnes
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229
E-mail: susilosumarto@yahoo.com

Pendahuluan

Citra radiografi berbentuk film telah lama digunakan oleh unit radiologi di rumah sakit untuk diagnosis penyakit. Sering ditemui citra radiografi berbasis film mengandung kelemahan. Kelemahannya antara lain kemungkinan kesalahan pada saat pemaparan sehingga harus dilakukan proses pemaparan ulang, kualitas citra hasil pemaparan yang kurang obyektif, dan efek dosis radiasi yang ditimbulkan kurang "soft" (Moenir *et al.* 2004). Seiring dengan perkembangan peradaban, teknik radiografi tersebut telah bergeser dari menggunakan film ke arah penggunaan nifilm (*filmless radiography*). Salah satu cara *filmless radiography* yang prospektif adalah dengan melakukan proses konversi menggunakan tabung intensifying citra (*image intensifier*) yang dikoneksi dengan suatu perangkat pendigital (Suparta *et al.* 2005). Yang hasilnya dapat dilihat langsung melalui layar monitor komputer dan citra hasilnya dapat diproses lebih lanjut.

Agar citra yang mengalami gangguan mudah diinterpretasi (baik oleh manusia maupun mesin), citra tersebut perlu dimanipulasi menjadi citra lain yang kualitasnya lebih baik (Munir, 2004). Sehingga diperlukan suatu sistem pengolah citra (*image processing*) untuk menghasilkan citra digital yang menyerupai citra analognya tetapi juga mampu untuk melakukan pengolahan lebih lanjut untuk kepentingan medis dan interpretasi pengamat terhadap suatu obyek dapat lebih teliti.

Pengolahan Citra merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Proses ini mempunyai ciri data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra (Murni, 1992). Istilah pengolahan citra digital secara umum didefinisikan sebagai pemrosesan citra dua dimensi dengan komputer. Dalam definisi yang lebih luas, pengolahan citra digital juga mencakup semua data dua dimensi. Citra digital adalah barisan bilangan nyata maupun kompleks yang diwakili oleh bit-bit tertentu (Jain, 1995).

Komputer dapat mengolah isyarat-isyarat elektronik digital yang merupakan sinyal biner (bernilai dua: 0 dan 1). Untuk itu, citra digital harus mempunyai format tertentu yang sesuai sehingga dapat merepresentasikan obyek pencitraan dalam bentuk kombinasi data biner (Achmad B & Firdausy K, 2005).

Agar dapat diolah dengan komputer digital, maka suatu citra harus direpresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai diskrit. Representasi citra dari fungsi malar (kontinu) menjadi nilai-nilai diskrit disebut digitalisasi. Citra yang dihasilkan inilah yang disebut citra digital (*digital image*). Pada umumnya citra digital berbentuk empat persegi panjang, dan dimensi ukurannya dinyatakan sebagai tinggi x lebar (atau lebar x panjang). Citra digital yang tingginya N, lebarnya M, dan memiliki L derajat keabuan dapat dianggap sebagai fungsi:

$$f(x, y) \begin{cases} 0 \leq x \leq M \\ 0 \leq y \leq N \\ 0 \leq f \leq L \end{cases}$$

Citra digital yang berukuran N x M lazim dinyatakan dengan matrik yang berukuran N baris dan M kolom sebagai berikut:

$$f(x,y) \approx \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,M) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

Indeks baris (i) dan indeks kolom (j) menyatakan suatu koordinat titik pada citra, sedangkan f(i,j) merupakan intensitas (derajat keabuan) pada titik (i,j). Masing-masing elemen pada citra digital (berarti elemen matrik) disebut image element, picture element atau *pixel* atau pel. Jadi, citra yang berukuran N x M mempunyai NM buah *pixel*. Sebagai contoh, misalkan sebuah berukuran 256 x 256 *pixel* dan direpresentasikan secara numerik dengan matrik yang terdiri dari 256 buah baris (diindeks dari 0 sampai 255) dan 256 buah kolom (di-indeks dari 0 sampai 255) seperti contoh berikut.

$$\begin{bmatrix} 0 & 134 & 145 & \dots & \dots & 231 \\ 0 & 167 & 201 & \dots & \dots & 197 \\ 220 & 187 & 189 & \dots & \dots & 120 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 221 & 219 & 210 & \dots & \dots & 156 \end{bmatrix}$$

Pixel pertama pada koordinat (0,0) mempunyai nilai intensitas 0 yang berarti warna *pixel* tersebut hitam, *pixel* kedua pada koordinat (0,1) mempunyai intensitas 134 yang berarti warnanya antara hitam dan putih, dan seterusnya

(Munir, 2004).

Metode

Prosedur Penelitian. Penelitian ini diawali dengan mendapatkan citra digital dalam bentuk citra foto hasil radiografi digital menggunakan XRII (*X-Ray Image Intensifier*) yang ditangkap dengan menggunakan software Dr.Grabber. Citra ini merupakan obyek citra medis dengan format penyimpanan bitmap (BMP) yang mempunyai 256 derajat keabuan (8 bit). Supaya citra digital dapat diolah dengan menggunakan komputer, maka perlu mendefinisikan struktur data untuk merepresentasikan citra di dalam memori komputer. Matrik adalah struktur data yang tepat untuk merepresentasikan citra digital. Elemen-elemen matrik dapat diakses secara langsung melalui indeksnya (baris dan kolom). Notasi algoritmik yang digunakan untuk menjelaskan struktur data ini dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland C++ Builder professional.

Struktur data matrik direpresentasikan dengan menggunakan tipe pointer mengingat ukuran matrik tidak diketahui sebelum pemrosesan citra digital. Citra digital yang berukuran N x M yang dinyatakan dengan matrik yang berukuran N baris dan M kolom adalah

$$f(x,y) \approx \begin{bmatrix} f(00) & f(01) & \dots & f(0M) \\ f(10) & f(11) & \dots & f(1M) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-10) & f(N-11) & \dots & f(N-1M-1) \end{bmatrix}$$

dengan N dan M sudah terdefinisi sebelumnya sebagai suatu konstanta. Maka elemen matrik diacu dengan f(i,j). Untuk membaca citra mula-mula membaca data tinggi N dan lebar M citra. Selanjutnya, data *pixel-pixel* di dalam citra dibaca "baris per baris". Setiap baris panjangnya M byte. Setiap byte ke-j dari baris-i menyatakan rata-rata intensitas cahaya pada area citra yang direpresentasikan oleh nilai *pixel* pada koordinat (i,j). Proses representasi citra ini disebut digitalisasi citra. Berikutnya nilai *pixel* disimpan dalam arsip biner pada elemen matrik f[i][j], agar sewaktu-waktu dapat dibuka dan dibaca kembali untuk diolah lebih lanjut dan ditampilkan pada layar peraga komputer. Prosedur paling penting adalah menyusun perangkat lunak yang digunakan dalam

pengolahan citra radiografi digital tersebut. Perangkat lunak yang telah disusun kemudian diuji dengan menggunakan citra radiografi digital. Dalam mengembangkan aplikasi pengolahan citra ini, peneliti menggunakan operasi pengolahan citra digital: kecerahan citra (*image brightness*), kontras citra (*image contrast*), pelembutan citra (*image smoothing*), penajaman citra (*image sharpening*), deteksi tepi (*edge detection*), citra negatif (*negative image*), histogram.

Guna keperluan operasi pengolahan citra digital, elemen matrik f[i][j] dibaca kembali baris per baris dan dimanipulasikan dengan *mask* atau kernel tertentu dalam program. Elemen matrik yang dimanipulasi berupa elemen tunggal (sebuah *pixel*), sekumpulan elemen yang berdekatan, atau keseluruhan elemen matrik. Adapun langkah-langkah penelitian masing-masing operasi pengolahan citra adalah sebagai berikut.

Langkah yang diperlukan dalam operasi kecerahan citra (*image brightness*) yaitu elemen matrik f[i][j] sebagai citra masukan dengan derajat keabuan 256 yang nilai-nilainya dari 0 sampai 255 ditambahkan atau dikurangkan dengan sebuah konstanta kepada masing-masing *pixel* didalam citra masukan. Rentang nilai konstantanya dari 0 sampai 255, dengan menambahkan komponen scrollbar yang dapat digeser-geser nilainya dengan menggunakan mouse. Nilai konstantanya dapat diubah selama penelitian. Secara matematis operasi ini dituliskan :

$$f(x,y)' = f(x,y) \pm b$$

Apabila b bernilai positif, citra menjadi lebih terang (kecerahan citra bertambah). Apabila b bernilai negatif atau dikurangkan, citra akan terlihat gelap dengan menghasilkan nilai intensitas citra minimum (Muhtadan, *et al* 2008).

Adapun langkah-langkah dalam penyusunan operasi operasi kontras citra (*image contrast*) dengan mencari batas pengelompokan elemen matrik (*pixel*) dari nilai derajat keabuan terkecil ke nilai keabuan terbesar (0 sampai 255) citra 8-bit, untuk menemukan *pixel* pertama yang melebihi nilai ambang pertama yang telah dideskripsikan. Kemudian mencari (scan) kembali histogram dari nilai derajat keabuan tertinggi ke nilai derajat keabuan terendah (255 sampai 0) untuk menemukan *pixel* pertama yang lebih kecil dari nilai ambang kedua yang dideskripsikan. *Pixel-pixel* yang berada dibawah nilai ambang pertama di-set sama dengan 0, sedangkan *pixel-pixel* yang berada di atas nilai

ambang kedua di-set sama dengan 255. *Pixel-pixel* yang berada di antara nilai ambang pertama dan nilai ambang kedua diskalakan untuk memenuhi rentang nilai-nilai derajat keabuan yang lengkap (0 sampai 255).

Operasi pelembutan citra dilakukan dengan mengganti intensitas suatu *pixel* dengan rata-rata dari nilai *pixel* tersebut dengan nilai *pixel-pixel* tetangganya. *Pixel* citra $f(x,y)$ yang berukuran $N \times M$ dikonvolusikan dengan kernel operator. Adapun kernel yang digunakan dalam operasi pelembutan citra ini adalah sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} 1/16 & 1/8 & 1/16 \\ 1/8 & 1/4 & 1/8 \\ 1/16 & 1/8 & 1/16 \end{bmatrix}$$

Langkah-langkah yang digunakan untuk menghasilkan operasi penajaman citra yaitu dengan memodifikasi elemen matrik (*pixel*) pada komponen operator dengan cara mengkonvolusikan *pixel-pixel* citra dengan kernel sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Langkah-langkah yang digunakan untuk menghasilkan operasi deteksi tepi yaitu dengan memodifikasi elemen matrik (*pixel*) pada komponen operator dengan cara mengkonvolusikan *pixel-pixel* citra dengan kernel operator pelacak tepi. Kernel operator yang digunakan dalam penelitian ini yaitu operator Sobel. (Wijaya, 2012). Elemen matrik pertama kali dikonvolusikan dengan komponen arah horisontal (S_x) dan komponen arah vertikal (S_y) dari gradien operator sobel. Berdasarkan konvolusi dengan kedua kernel operator tersebut hasilnya akan digunakan untuk menghitung kekuatan tepi $S[f(x,y)]$, yang merupakan magnitudo dari gradien, dan arah tepi, $\alpha(x,y)$, berlaku untuk masing-masing *pixel* pada citra. Karena citra $f(x,y)$ adalah dwimarta dalam bentuk diskrit, maka turunan pertamanya adalah secara parsial.

Langkah-langkah penelitian untuk mendapatkan citra negatif (*negative image*) dengan cara mengurangi nilai intensitas *pixel* dari nilai keabuan maksimum. Karena dalam penelitian ini citra yang diperlukan adalah citra

256 derajat keabuan (8 bit), maka citra negatif diperoleh dengan mengurangkan nilai keabuan maksimum citra yaitu 255 derajat keabuan dengan nilai intensitas *pixel* citra yang akan diolah. Citra negatif diperoleh dengan persamaan

$$f(x,y)' = 255 - f(x,y)$$

Pada sistem yang disusun, hasil operasi pengolahan citra dapat terlihat langsung pada monitor yang menampilkan citra semula dan citra hasil. Hasil pengolahan citra digital juga dapat dilihat dengan cara membandingkan histogram citra semula dan histogram citra hasil yang ditampilkan pada layar monitor.

Langkah yang diperlukan, misalkan citra digital memiliki L derajat keabuan yaitu dari 0 sampai $L-1$ (pada kuantisasi derajat keabuan citra 8-bit), nilai derajat keabuan dari 0 sampai 255. Dengan cara menscan elemen matrik citra. Menghitung jumlah setiap nilai derajat keabuan i citra digital sebagai n_i . Scan elemen matrik citra sekali lagi untuk menghitung jumlah seluruh *pixel* dalam citra digital sebagai n . Selanjutnya hitung h_i sebagai citra hasil pembagian n_i dengan nilai n . Atur nilai pengambangan, dengan mengeset nilai h_i dalam selang 0 sampai 1. Proses operasi histogram telah selesai dilakukan apabila menghasilkan keluaran berupa tampilan grafik diagram batang yang menggambarkan penyebaran nilai-nilai intensitas *pixel* dari suatu citra atau bagian tertentu di dalam citra.

Citra digital yang telah direpresentasikan dapat dianalisis guna keperluan medis lebih lanjut.

Data penelitian diambil setelah citra radiografi digital selesai diproses dengan menggunakan program. Data penelitian berupa citra radiografi digital hasil pengolahan citra dengan format penyimpanan file bitmap (BMP) 8 bit skala keabuan (*gray scale*). Data citra radiografi digital yang diambil haruslah memenuhi kriteria tertentu. Kriteria citra radiografi digital yang diperlukan harus memenuhi tingkat keberhasilan pengolahan citra. Keberhasilan penelitian ini dapat dilihat, apabila perangkat lunak telah diujikan dengan citra hasil foto radiografi digital dan dihasilkan citra baru yang memiliki mutu lebih baik. Citra baru yang dihasilkan dapat digunakan untuk analisis medis di dalam unit radiografi.

Kriteria keberhasilan pengolahan citra digital, adalah 1) Ciri pengolahan kecerahan citra adalah citra terlihat lebih terang atau lebih gelap, 2) Citra dengan kontras rendah dicirikan oleh sebagian besar komposisi citranya adalah terang atau sebagian besar gelap. Pada citra

dengan kontras yang baik, komposisi gelap dan terang tersebar secara merata, 3) Citra hasil pelembutan citra dicirikan adanya pengurangan derau pada citra. Citra yang ditampilkan terlihat lebih lembut, 4) Ciri citra hasil penajaman akan memperkuat komponen yang berfrekuensi tinggi (misalnya tepi atau pinggiran obyek) dan akan menurunkan komponen berfrekuensi rendah. Akibatnya, pinggiran obyek terlihat lebih tajam dibanding sekitarnya, 5) Citra hasil deteksi tepi dikatakan sesuai dengan kriteria keberhasilan apabila terdapat peningkatan penampakan garis batas suatu daerah atau obyek di dalam citra, 6) Ciri operasi citra negatif yaitu tampilan citra meniru film negatif pada fotografi, 7) Ciri operasi histogram citra dikatakan berhasil apabila program mampu menampilkan grafik yang menggambarkan penyebaran nilai-nilai intensitas *pixel* dari suatu citra atau bagian tertentu di dalam citra.

Hasil dan Pembahasan

Program pengolahan citra yang dikembangkan dibagi enam form, yaitu form

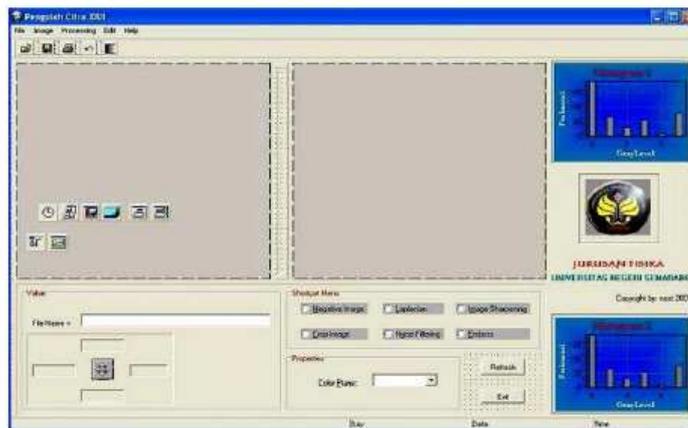
utama sebagai form induk pengolahan citra XRII, *form kontras*, *form brightness*, *form sharpness*, *form crop*, dan *form splash*.

Form utama (Gambar 1) merupakan form pertama yang akan tampil untuk mengawali pengolahan citra. Unit disimpan dengan nama Umain Menu.cpp dan project dengan nama PmainMenu.bpr.

Form Contras (Gambar 2) merupakan form pengolahan dari bagian processing menu. Form ini akan tampil setelah kita memilih main menu processing. Pada form diberi nama *contras*. *Form contras* berfungsi untuk memperbaiki kualitas citra XRII. Unit disimpan dengan nama UContras.cpp.

Form brightness (Gambar 3) merupakan form pengolahan dari bagian processing menu. Form ini akan tampil setelah kita memilih main menu processing. *Form brightness* berfungsi untuk melakukan perubahan kecerahan citra. Unit disimpan dengan nama UBrightness.cpp.

Form sharpness (Gambar 4) berfungsi untuk memperjelas tepi pada obyek di dalam citra. Penajaman citra merupakan kebalikan dari operasi pelembutan citra karena operasi ini



Gambar 1. Form utama sistem pengolahan citra



Gambar 2. Tampilan *form contras* dari bagian main menu processing

menghilangkan bagian citra yang lembut. Unit disimpan dengan nama USharpness.cpp.

Alur penulisan program (flowchart) dapat dilihat pada Gambar 4a.

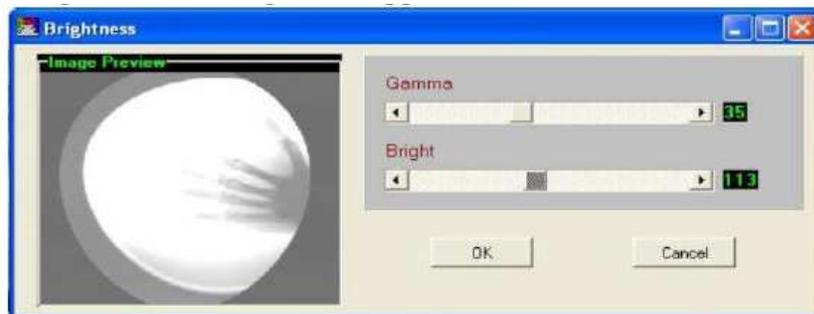
Untuk mengetahui kualitas perangkat lunak yang telah disusun, maka perlu diujikan dengan citra radiografi digital. Pengujian citra radiografi digital terdiri dari beberapa operasi pengolahan citra.

Kecerahan adalah kata lain untuk intensitas cahaya. Untuk membuat citra lebih terang atau lebih gelap, dapat dilakukan perubahan kecerahan citra. Kecerahan citra dapat diperbaiki dengan menambahkan atau mengurangi sebuah konstanta kepada (atau dari) setiap *pixel* di dalam citra. Hasil dari operasi ini, histogram citra mengalami pergeseran. Sebagai contoh, Gambar 5 (a) adalah citra radiografi digital (berserta histogramnya) yang tampak gelap, sedangkan Gambar 5 (b) adalah citra radiografi digital (berserta histogramnya) yang lebih terang. Dari histogramnya sebelum operasi penambahan kecerahan, puncak histogramnya terkumpul di bagian sebelah kiri. Setelah penambahan kecerahan, histogramnya bergeser ke bagian kanan, ke arah area nilai keabuan tinggi.

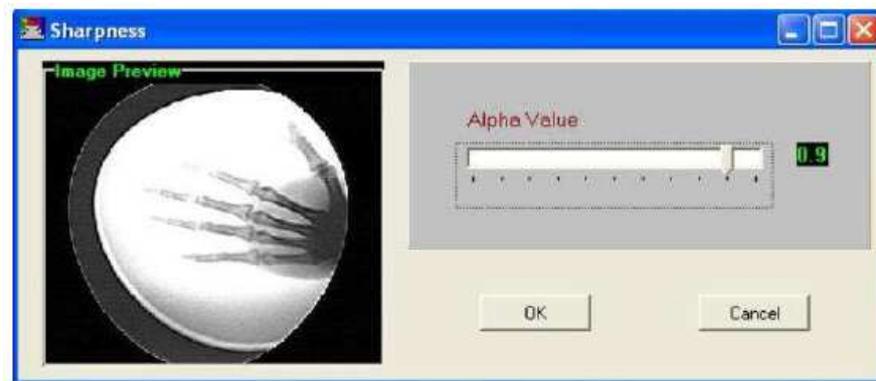
Kontras menyatakan sebaran terang dan gelap di dalam sebuah citra. Citra dengan

kontras rendah dapat diperbaiki kualitasnya dengan operasi peregangan kontras. Melalui operasi ini, nilai-nilai keabuan *pixel* akan merentang dari 0 sampai 255 (pada citra 8 bit), dengan kata lain seluruh nilai keabuan *pixel* terpakai secara merata. Citra kontras yang bagus memperlihatkan jangkauan nilai keabuan yang lebar tanpa ada suatu nilai keabuan yang mendominasi. Histogram citranya memperlihatkan sebaran nilai keabuan yang relatif seragam. Sebagai contoh, Gambar 6 (a) adalah citra radiografi digital (agak gelap) yang mendapat perlakuan peregangan kontras. Pada citra radiografi digital orisinal terlihat bahwa jangkauan nilai keabuan yang dimiliki histogram citra memperlihatkan sebaran nilai keabuan yang relatif cukup seragam. Tidak terdapat area yang lebar yang didominasi oleh warna gelap dan area yang lebar yang didominasi oleh warna terang. Histogramnya terlihat dua puncak, satu mengumpul pada area nilai keabuan yang rendah dan satu lagi pada area nilai keabuan yang agak tinggi. Tetapi citra radiografi digital orisinal ini masih bisa diberikan operasi peregangan kontras agar sebarannya terlihat lebih menyebar.

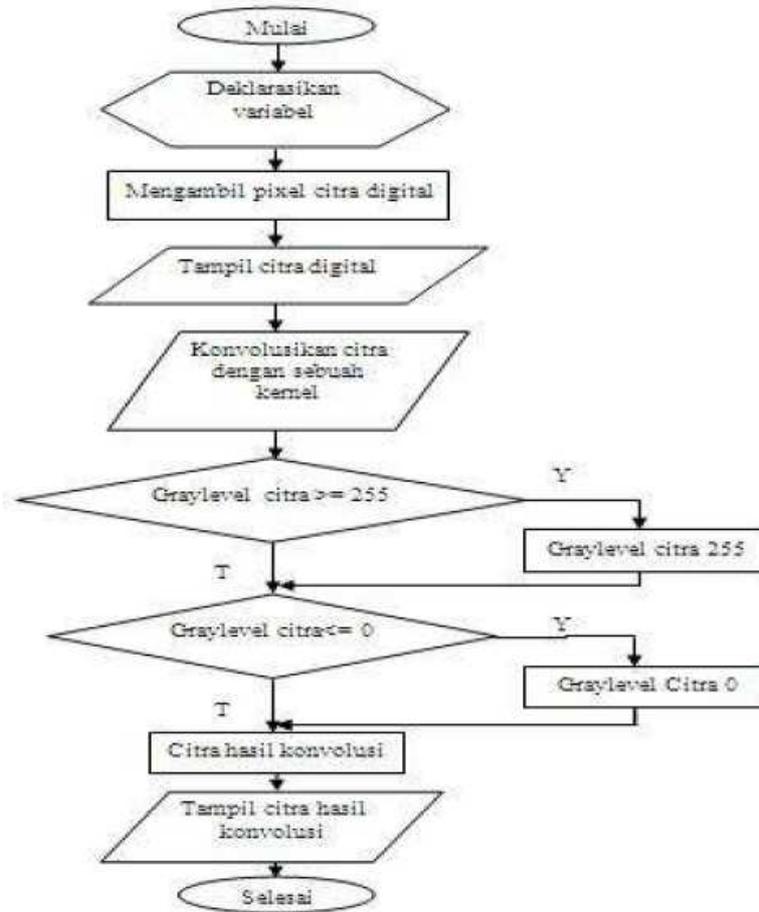
Citra yang telah mendapat peregangan kontras memperlihatkan jangkauan nilai keabuan yang lebar Gambar 6 (b). Dari histogramnya terlihat bahwa tiga puncak yang



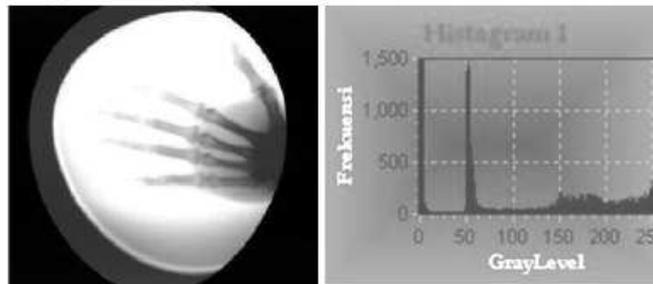
Gambar 3. Tampilan form *brightness* dari bagian main menu processing



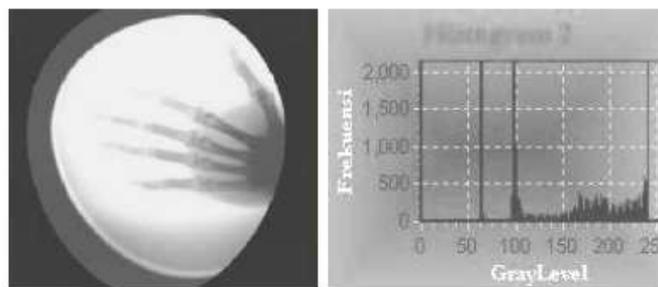
Gambar 4. Tampilan form *sharpness* dari bagian main menu processing



Gambar 4a. Alur penulisan program

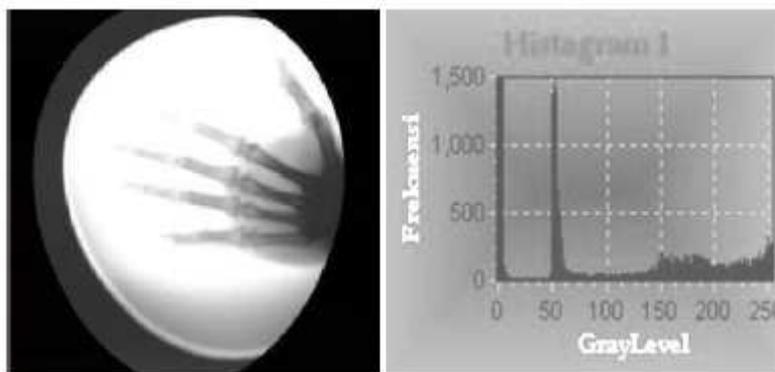


(a) Kiri: citra radiografi digital orisnil; Kanan: histogram citra radiografi digital orisnil

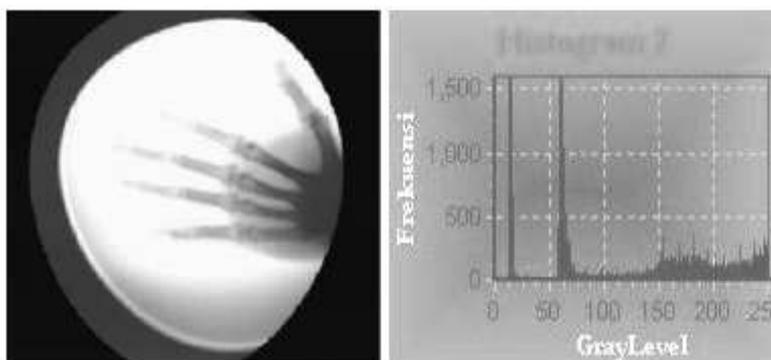


(b) Kiri: citra radiografi digital setelah penambahan kecerahan, Kanan histogram citra radiografi digital setelah penambahan kecerahan

Gambar 5. Citra radiografi digital (agak gelap) yang mendapat penambahan kecerahan.



(a) Kiri: citra radiografi digital orisinil; Kanan: histogram citra radiografi digital orisinil



(b) Kiri: citra radiografi digital setelah penambahan, kanan histogram citra radiografi digital hasil penambahan kontras.

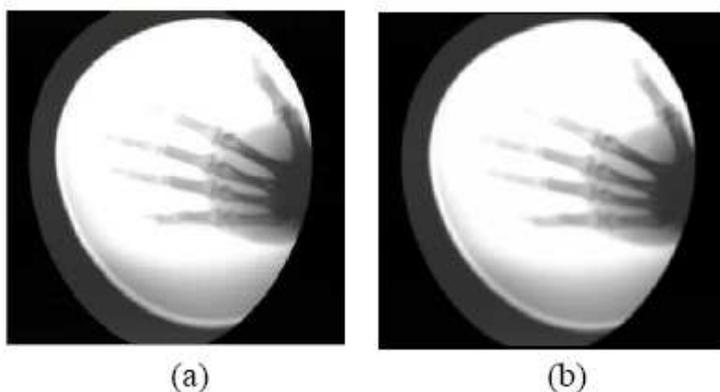
Gambar 6. Citra radiografi digital (agak gelap) yang mendapat perlakuan peregangan kontras.

pada awalnya hanya dua puncak dan mengumpul di area nilai keabuan yang rendah sudah tidak lagi mengumpul dalam satu area lagi. Histogram terlihat melebar dari sebelumnya, puncak histogramnya tidak lagi didominasi pada area keabuan rendah. Karena sudah terbagi menjadi tiga puncak, satu pada area keabuan rendah, puncak kedua pada area yang agak tinggi, dan puncak ketiga terdapat pada area yang lebih tinggi dari puncak kedua.

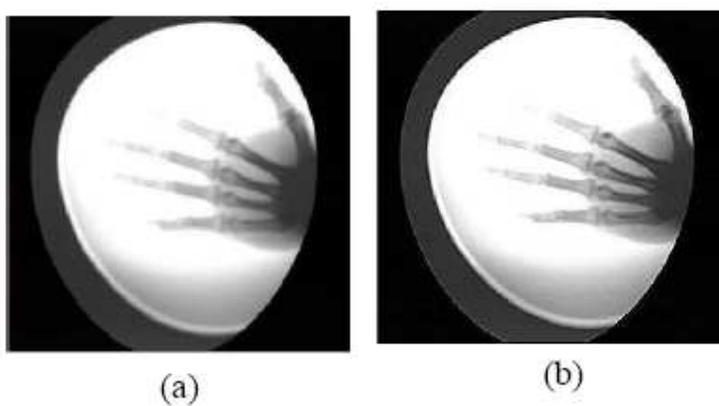
Operasi pelembutan citra (*image smoothing*) disebut juga operasi penapis lolos rendah (*low pass filter*), karena penapis menekan komponen yang berfrekuensi tinggi (misalnya *pixel noise*) dan meloloskan komponen yang berfrekuensi rendah (Gambar 7). Kernel penapis lolos rendah yang digunakan dapat dilihat di bagian sebelumnya. Citra hasil operasi pelembutan ini mempunyai efek meratakan derajat keabuan, sehingga citra yang diperoleh tampak lebih kabur kontrasnya. Penapis lolos rendah yang digunakan dapat dilihat dalam gambar sebelumnya.

Operasi penajaman citra bertujuan

memperjelas tepi pada obyek di dalam citra. Karena operasi ini lebih berpengaruh pada penajaman tepi citra maka penajaman citra (*image sharpening*) disebut juga penapis lolos tinggi (*high pass filter*). Operasi penajaman dilakukan dengan melewati citra pada penapis lolos tinggi. Penapis lolos tinggi akan meloloskan (atau memperkuat) komponen yang berfrekuensi tinggi (misalnya tepi atau pinggiran obyek) dan akan menurunkan komponen berfrekuensi rendah. Akibatnya, pinggiran obyek terlihat lebih tajam dibandingkan sekitarnya. Jika jumlah koefisien sama dengan 0, maka komponen berfrekuensi rendah akan turun nilainya, sedangkan jika jumlah koefisien sama dengan 1, maka komponen berfrekuensi rendah akan tetap sama dengan nilai semula. Nilai koefisien yang besar di titik pusat penapis memainkan peranan kunci dalam proses konvolusi. Pada komponen citra dengan frekuensi tinggi (yang berarti perubahan yang besar pada nilai intensitasnya), nilai tengah ini dikalikan dengan nilai *pixel* yang dihitung. Koefisien negatif yang lebih kecil di sekitar titik tengah penapis bekerja untuk



Gambar 7. (a) citra radiografi digital semula, (b) citra radiografi digital setelah operasi pelembutan



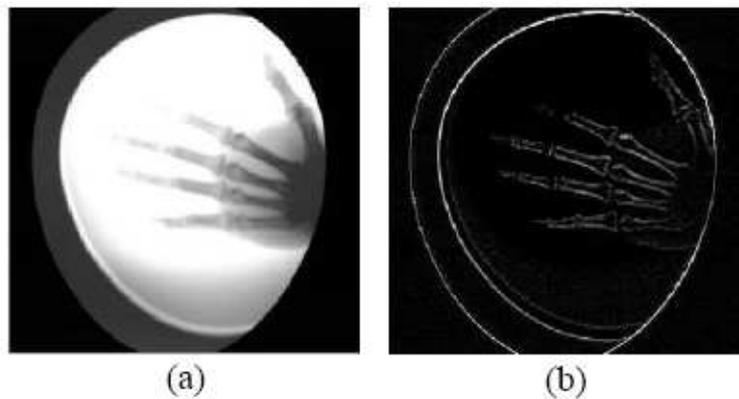
Gambar 8. (a) citra radiografi digital semula, (b) citra radiografi digital setelah penajaman

mengurangi faktor pembobot yang besar. Kernel penapis lolos tinggi yang digunakan dalam penajaman program ini adalah penapis lolos tinggi 3×3 dengan jumlah koefisien sama dengan 1. Gambar 8 memperlihatkan konvolusi dengan penapis lolos tinggi, gambar (a) adalah citra yang tidak mempunyai *pixel* tepi, dan gambar (b) adalah citra yang mempunyai *pixel* tepi. Citra hasil operasi ini terlihat lebih tajam dibagian tepi obyek. Penapis lolos tinggi yang digunakan dapat dilihat dalam bab sebelumnya.

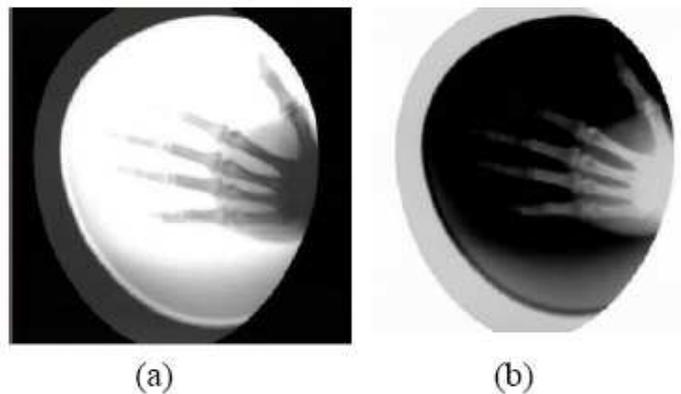
Tujuan operasi pendeteksian tepi adalah untuk meningkatkan penampakan garis batas suatu daerah atau obyek di dalam citra. Deteksi sisi dengan sobel terdiri dari dua langkah. Langkah pertama adalah konvolusi citra dengan operator kernel sobel. Kemudian melakukan penjumlahan setiap *pixel* dengan hasil perkalian citra hasil konvolusi dengan konstanta pengali. Pada penelitian ini digunakan deteksi sisi dengan operator sobel. Kernel operator sobel yang digunakan untuk tujuan ini dapat dilihat dalam sebelumnya. Hampiran operator sobel yang digunakan dalam penelitian ini, supaya

ada pemberian bobot yang lebih pada *pixel* tengah di antara *pixel* tetangganya. Gambar 9 memperlihatkan deteksi tepi citra radiografi digital, gambar (a) adalah citra yang tidak mempunyai *pixel* tepi, dan gambar (b) adalah citra yang mempunyai *pixel* tepi. Citra hasil operasi pendeteksian tepi terlihat mendapat peningkatan penampakan garis batas suatu daerah atau obyek di dalam citra. Proses pendeteksian tepi diawali dengan pembacaan terhadap data *pixel* citra digital baris demi baris untuk disusun menjadi data *array* 2 dimensi, sehingga pada proses selanjutnya tidak perlu dilakukan pembacaan file secara berulang-ulang.

Operasi negatif digunakan untuk mendapatkan citra radiografi digital negatif (*negative image*) meniru film negative pada fotografi dengan cara mengurangi nilai intensitas *pixel* dari nilai keabuan maksimum. Misalnya pada citra dengan 256 derajat keabuan (citra 8 bit), persamaan matematis yang digunakan dapat dilihat dalam bab sebelumnya. Hasil operasi negatif pada citra radiografi digital diperlihatkan pada Gambar 10 (b).



Gambar 9. (a) citra radiografi digital sebelum, (b) citra radiografi digital hasil pendeteksian tepi dengan operator laplace



Gambar 10. (a) citra radiografi digital keabuan, (b) citra radiografi digital negative

Histogram citra memberikan informasi tentang penyebaran intensitas *pixel-pixel* di dalam citra. Misalnya, citra yang terlalu terang atau terlalu gelap memiliki histogram yang sempit. Histogram citra dibuat dengan menyiapkan variable, dengan tipe data *array* yang akan menampung jumlah *pixel* dari masing-masing graylevel citra digital. Deklarasi variabel tersebut adalah variabel matrik $img[i][j]$. Pada penelitian ini citra yang digunakan mempunyai 256 derajat keabuan yang mempunyai rentang nilai dari 0 sampai 255 sehingga histogram disimpan dalam variabel $His[256]$. Tahap awal operasi ini adalah mengosongkan setiap elemen *array*. Jumlah elemen sesuai dengan jangkauan skala keabuan. Kemudian membaca matrik citra m yang sudah dalam skala keabuan, dan menambahkan satu nilai untuk setiap elemen *array* yang bersesuaian dengan derajat keabuan *pixel*. Memeriksa data matrik m jika lebih besar atau sama dengan jumlah *pixel*. Menampilkan hasil pemeriksaan pada komponen series.

Simpulan

Berdasarkan hasil-hasil yang telah dicapai dalam penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa telah dihasilkan sebuah perangkat lunak pengolah citra untuk radiografi digital yang disusun menggunakan perangkat lunak Borland C++ Builder 4 Professional. Pengolahan terhadap citra radiografi digital dilakukan terhadap *pixel-pixel* dari citra tersebut. *Pixel-pixel* tersebut dimanipulasikan dengan sebuah kernel pengolahan melalui operasi konvolusi. Dalam penelitian ini diimplementasikan beberapa teknik pengolahan citra, yang meliputi pengaturan kecerahan citra (*image brightness*), kontras citra (*image kontras*), pelembutan citra (*image smoothing*), penajaman citra (*image sharpening*), deteksi tepi (*edge detection*), citra negatif (*negative image*), dan histogram. Dengan teknik pengolahan citra ini diharapkan menghasilkan citra radiografi digital yang mudah diinterpretasi lebih teliti oleh

pengamat.

Daftar Pustaka

- Achmad B & Firdausy K. 2005. *Teknik Pengolahan Citra Digital menggunakan Delphi*. Yogyakarta: Penerbit ardi Publishing
- Beiser A. 1984. *Konsep Fisika Modern*. Edisi Empat. Singapore: Mc-Graw Hill
- Erick W. 2012. Analisis Intensitas Metode Pendeteksian Tepi Sobel. *J Komputa*, 1(1): 25-26
- Isa A. 2003. *Perbaikan Kualitas Citra Radiografi Berbasis Fuzzy Histogram Hyperbolization Dan Penerapannya Pada Pendeteksian Kelainan*. Tesis. Yogyakarta: Jurusan Fisika, Universitas Gadjah Mada
- Jain AK. 1995. *Fundamental of Digital mage Processing*. New Delhi: Prentice Hall
- Krane K. 1992. *Fisika Modern*. Terjemahan. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia
- Kusminarto. 1992. *Pokok-Pokok Fisika Modern*. Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Pendidikan Tinggi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Muhtadan & Djiwo H. 2008. Pengembangan Aplikasi untuk Perbaikan Citra Digital Fil Radiografi. *J. sttn-batan*
- Moenir AA, Nugroho W & Supardiyono B. 2004. *Pengembangan Sistem Radiografi Digital untuk Diagnose Medis*. RUT IX/1-2004
- Munir & Rinaldi. 2004. *Pengolahan Citra Digital Dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Penerbit Informatika
- Murni A. 1992. *Pengantar Pengolahan Citra*. Jakarta: Elek Media Komputindo
- Gulnara S, Olivia M, & Loffredo LCM. 2007. Comparison Between Inverted And Unprocessed Digitized Radiographic Imaging In Periodontal Bone Loss Measurement. *Journal of Applied Oral Science*
- Suparta GB, Moenir AA, Swakarma IK, Nugroho W & Supardiyono B. 2005. *Sistem Radiografi Digital Untuk Medis*. Paper on the 3rd Ketingan Physics Forum 2005. Solo: University of Sebelas Maret