

Pengolahan Citra Foto Sinar-X Untuk Mendeteksi Kelainan Paru

Oleh: Tri Watiningsih

Abstract

Until now, identification of the lung disorder on X-ray photos was done using manual methods so that it is necessary to make an identification using image analysis. This method was introduced to make medical practitioners easier to identify the lung disorder computerizedly. The purpose of this study is to prove that digital image analysis can be used to identify the lung disorder on X-rays photo.

Image analysis performed in this study, consists several methods of image preprocessing until an image was prepared to be processed. Image preprocessing contains intensity adjustment and histogram equalization, until an image obtained was prepared to be further processed.

The results of this are the following : (a) the subjective level of identification process on the lung can be degraded using application software for analyzing image of X-ray photos which had been developed during the research, (b) the conventional edge detection on image has a lack of ability to identify interested lung image boundaries which have more than one with varied gradation of grey levels, (c) the combination of histogram equalization and dilation of image edges gives adequately significant information on identifications process, convolution the application of software for analyzing image of X-ray photos which had been developed during the research has an ability to assist medical radiology practitioners to explore the informations.

Keywords : *identification, histogram equalization, contrast stretching, intensity adjustment.*

I PENGANTAR

A. Latar Belakang

Aplikasi pengolahan citra pada bidang biomedis telah berkembang cukup pesat sejak Land, Zworykin, dan Hatke pada tahun 1958 [18] berhasil menggunakan *electronic color translating microscope* untuk memperagakan citra ultraungu pada layar televisi, khususnya untuk peragaan aliran sel-sel protoplasma. Setelah itu juga diperkenalkan metode penghitungan dan pengukuran sel-sel darah merah yang dilanjutkan dengan digunakannya sistem CELLSCAN untuk analisis citra sel darah putih secara otomatis, sampai kemudian dikembangkannya tomografi sinar-X yang digunakan untuk merekam dan meneliti keadaan otak maupun tubuh manusia secara keseluruhan. Deteksi kerusakan paru menggunakan analisis citra foto sinar-X sendiri merupakan upaya untuk memperkenalkan metode identifikasi TBC secara terkomputerisasi yang lebih baru dibandingkan dengan metode 'manual' selama ini.

Mengacu pada latar belakang masalah di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut :

- a. Mengkombinasikan metode-metode pengolahan citra agar dapat diperoleh suatu tahapan terintegrasi yang mampu memecahkan permasalahan deteksi citra kelainan paru khususnya jenis kelainan primer – hasil pencitraan foto sinar-X
- b. Membuat suatu program alat bantu analisis untuk identifikasi TBC paru yang merupakan hasil pencitraan foto sinar-X
- c. Membuat suatu program aplikasi medis yang dapat mengurangi subjektivitas pemakai, dalam hal ini adalah tenaga medis radiologi, dalam menganalisis citra TBC hasil pencitraan foto sinar-X

Selama ini, tenaga medis bidang radiologi masih mengandalkan kemampuan visualnya dalam menganalisis TBC paru, sehingga unsur subjektivitasnya masih ada, berkaitan dengan sistem visi pada tiap manusia dapat berbeda karena faktor infeksi menaun menular yang disebabkan oleh kuman TB. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengurangi faktor subjektivitas tersebut. Sebelumnya telah dikembangkan beberapa perangkat lunak pengolah citra untuk jenis-jenis citra yang umum, seperti yang ada pada fasilitas demo pada matlab yang mendukung proses analisis citra; kemudian Sudarmanto [26] juga mengembangkan perangkat lunak untuk peningkatan citra dan pewarnaan buatan. Paniran [20] mengembangkan perangkat lunak untuk peningkatan citra medis menggunakan tapis morfologi, namun ia tidak secara spesifik mengamati objek paru, dan tidak sampai kepada tataran analitik pengolahan citra. Basuki [3] juga telah mengembangkan perangkat untuk analisis perbaikan citra untuk data medis menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan, namun tidak membahas objek paru secara spesifik.

Atas dasar alasan-alasan di atas, sejauh ini belum pernah dikembangkan metode untuk mengurangi subjektivitas tenaga medis dalam menganalisis citra paru hasil pencitraan foto sinar-X menggunakan perangkat lunak analisis ini, sehingga keaslian penelitian dapat dipertanggungjawabkan. Hasil penelitian memiliki faedah yang secara spesifik dibagi menjadi dua bagian, secara praktis dan secara akademik, sebagai berikut :

a. Secara praktis

Penelitian bermanfaat bagi para pengguna yang berkecimpung di bidang diagnostik radiologi untuk meningkatkan mutu citra hasil akuisisi foto sinar-X, dan selanjutnya bermanfaat untuk

menganalisis kerusakan paru sehingga mampu mengurangi subjektivitas pemakai.

b. Secara akademik

Penelitian diharapkan menjadi sumbangan bagi pengembangan keilmuan bidang pengolahan citra medis, dan diharapkan menjadi salah satu acuan bagi para peneliti-peneliti sesudahnya yang berkeinginan mengembangkan metode maupun perangkat pengolah citra medis, yang boleh jadi tidak hanya pada objek paru, namun dapat diperluas ke objek-objek lain, misalnya kepala, rongga dada, ataupun organ-organ tubuh lainnya.

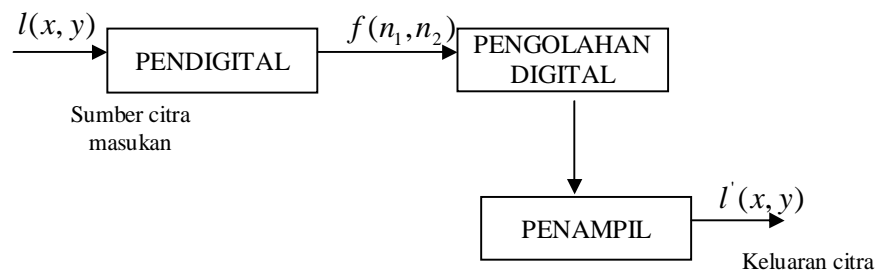
B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa analisis citra digital dapat digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan paru, khususnya pada jenis TBC, melalui tahapan-tahapan analisis citra. Paradigma analisis citra meliputi segmentasi citra, segmentasi wilayah, deskripsi bagian-bagian (meliputi bentuk, tekstur, dan sebagainya), pencocokan model, dan akhirnya dihasilkan deskripsi citra yang diharapkan.

II TINJAUAN PUSTAKA

1. Pengolahan Citra Biomedis

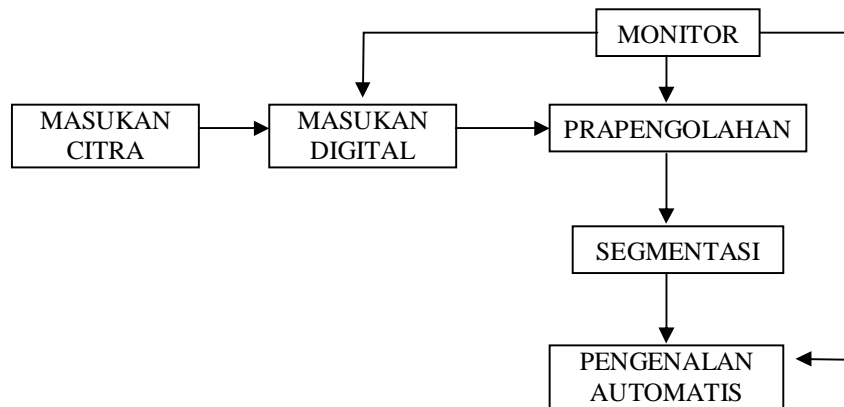
Secara umum, sistem umum pengolahan citra dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1. [16]. Dalam mengembangkan sistem untuk analisis citra ini digunakan sistem pengolahan citra yang diperkenalkan oleh Harlow [14] yang tampak pada Gambar 2.2. Sistem ini dikembangkan karena ditemuinya masalah-masalah pada analisis citra sefalometrik (*cephalometric*, *cephalo*: batok kepala), yang tentunya juga akan ditemui untuk analisis citra Paru-paru, yaitu : (1) variasi dan kompleksitas yang ekstrem di dalam dan antara citra-citra yang dihasilkan, baik lewat radiografi maupun sinar-X dan (2) rincian yang sedikit, yang terjadi pada citra dan seringkali menyebabkan deteksi yang jelas salah.



Gambar 2.1 Sistem umum pengolahan citra

Faktor utama proses medis adalah mengeliminasi sebanyak mungkin keluhan pada saat

pembedahan karena sangat berkaitan dengan trauma pasien yang mau tidak mau merupakan risiko yang tidak dapat dielakkan. Saat mengkonversi citra menjadi bentuk digital diperlukan penghapusan elemen-elemen derau pada citra-citra sinar-X untuk meningkatkan kontras agar membantu interpretasi dan menghapus kekaburan yang disebabkan oleh pergerakan pasien yang tidak diharapkan.



Gambar 2.2 Sistem pengolahan citra menurut Harlow

2. Pencitraan Menggunakan Sinar-X

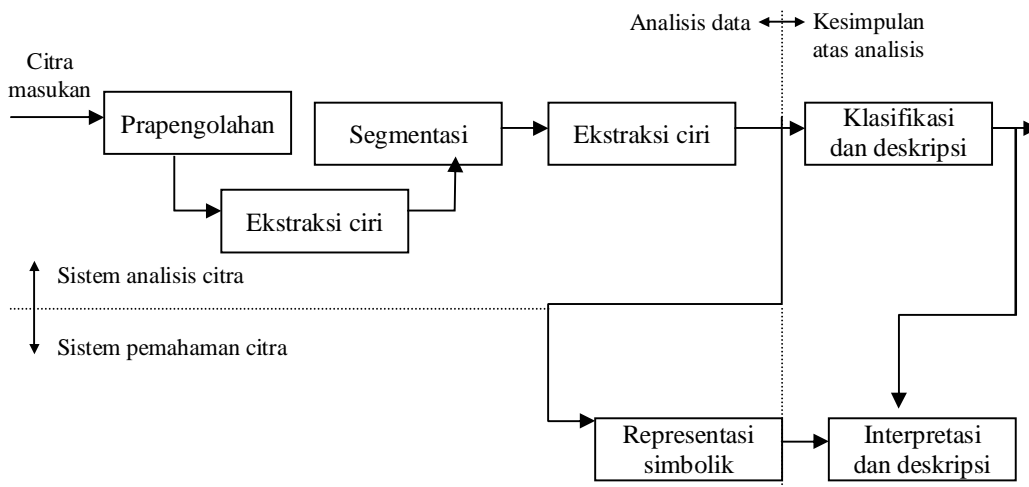
Sejak ditemukannya sinar-X oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895, penggunaan sinar-X dalam bidang kedokteran telah mengalami kemajuan yang sangat pesat [12]. Ilmu kedokteran modern sekarang ini sangat bergantung pada peranan radiologi. Dalam bidang diagnostik dimana radio-diagnostik merupakan bagian terbesar dalam ilmu radiologi, cara-cara pemeriksaan radiologis ini merupakan cara yang ampuh untuk menegakkan diagnosis [12]. Namun demikian perlu disadari oleh tenaga medis bahwa pemeriksaan radiologis hanyalah merupakan satu bagian dari bidang diagnostik sebagai satu integritas, dan dalam banyak hal hasilnya hanya dapat dianggap sebagai penunjang saja, tidak dapat berdiri sendiri sebelum digabung dengan hasil-hasil pemeriksaan lainnya [12].

Sinar dengan daya tembus yang pertama kali dimanfaatkan adalah sinar-X. Disiplin ini dikenal sebagai radiologi. Metode ini menggunakan sumber sinar-X berupa titik dan detektor yang digunakan adalah selembur film negatif. Dampak sinar-X adalah menghitamkan film negatif tadi, yang berbanding lurus dengan intensitasnya. Oleh karena itu, benda-benda yang menyerap sinar lebih banyak (lebih rapat) akan ditampilkan dalam film negatif dengan warna yang lebih terang daripada benda-benda yang menyerap sinar lebih sedikit [24]. Sebagai contoh, warna tulang akan ditampilkan lebih terang dibandingkan dengan warna kulit.

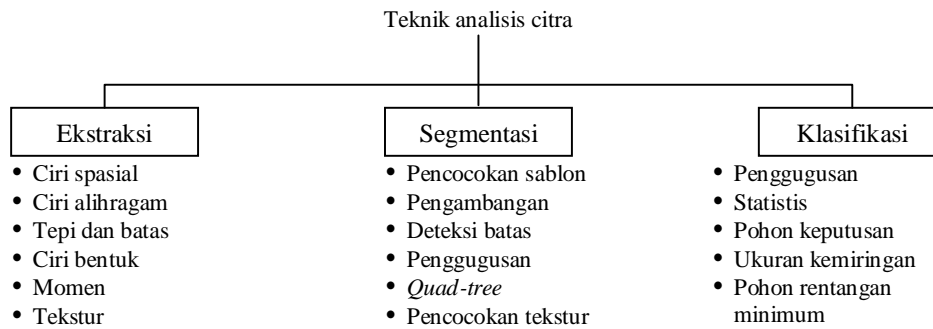
Jenis-jenis pemeriksaan radiologik menggunakan sinar-X atas tulang yang biasa dijumpai dalam praktik sehari-hari adalah fraktur (patah/retak), infeksi tulang dan sendi [12]. Barangkali perkembangan paling penting pada pencitraan struktur tubuh internal sejak diperkenalkannya sinar-X adalah pemayar tomografi komputer (*CT scanner*), yang diperkenalkan oleh Allan Cormack dan Geoffrey Hounsfield pada tahun 1970 [1].

3. Landasan Teori

Tujuan akhir atas sejumlah besar aplikasi pengolahan citra adalah mengekstraksi ciri penting atas data citra, dengan deskripsi, interpretasi, ataupun pemahaman atas suatu adegan dapat dilakukan oleh mesin (Gambar 2.3) [15]. Sistem visi yang lebih canggih mampu menerjemahkan hasil-hasil analisis dan mendeskripsikan bermacam-macam objek dan keterhubungannya pada adegan. Dalam hal ini analisis citra berbeda dengan operasi pengolahan citra lainnya, seperti pemulihan (*restoration*), peningkatan (*enhancement*), dan penyandian (*coding*), dengan keluarannya merupakan citra yang lain. Pada dasarnya analisis citra mencakup studi tentang teknik-teknik ekstraksi ciri, segmentasi dan klasifikasi (Gambar 2.4) [15].



Gambar 2.3 Sistem visi computer



Gambar 2.4 Diagram teknik-teknik analisis citra

Dan banyak teknik analisis citra yang disajikan pada Gambar 2.4, tidak semua teknik dibutuhkan. Di bawah ini disajikan beberapa teknik saja yang dibutuhkan pada penelitian ini.

a. Pengertian Klasifikasi dan Segmentasi Citra

Klasifikasi citra bertujuan untuk mendapatkan gambar atau peta tematik. Gambar tematik adalah suatu gambar yang terdiri atas bagian-bagian yang menyatakan suatu objek atau tema. Setiap objek pada gambar tersebut mempunyai simbol yang tunggal yang dapat dinyatakan dengan warna atau pola tertentu. Sebagai contoh, citra hasil suatu foto instrumen biomedis bisa diklasifikasi menjadi bagian tulang, jaringan sehat, dan jaringan sakit. Proses klasifikasi citra dilakukan dengan memasukkan setiap piksel citra tersebut ke dalam suatu kategori objek yang sudah diketahui. Proses ini dikenal sebagai proses klasifikasi terpadu (*supervised*).

Dalam analisis data sering dilakukan proses pengelompokan data yang dikenal sebagai proses penggugusan (*clustering*). Pada proses ini data dikelompokkan ke dalam sejumlah gugus (*cluster*). Suatu gugus merupakan suatu himpunan satuan data yang serupa. Jumlah gugus dalam suatu data ditentukan oleh penilaian subjektif pemakai data. Proses penggugusan dikenal juga sebagai proses klasifikasi tak terpadu (*unsupervised*) karena identitas gugus tidak diketahui.

Proses segmentasi mempunyai tujuan yang hampir sama dengan proses klasifikasi tak-terpadu. Istilah segmentasi citra sendiri memiliki arti membagi suatu citra menjadi wilayah-wilayah yang homogen berdasarkan kriteria keserupaan tertentu antara aras keabuan suatu piksel dengan aras keabuan piksel-piksel tetangganya. Citra yang diperoleh kemudian akan terdiri atas bagian objek dan bagian latar belakang.

2. Klasifikasi Piksel ke dalam Sejumlah Subpopulasi

Bagian-bagian yang diharapkan untuk memisahkan suatu citra dapat dibedakan berdasarkan sifat-sifat aras keabuan atau warna piksel-piksel mandiri penyusun bagian-bagian tersebut. Tipe paling sederhana proses klasifikasi piksel ke dalam sejumlah subpopulasi adalah pengambangan (*thresholding*), yaitu tiap-tiap piksel diklasifikasikan sebagai ‘terang’ dan ‘gelap’ tergantung pada aras keabuan melebihi suatu nilai ambang atau tidak.

3. Deteksi Tepi (Penghasilan Citra-citra Tepi)

Deteksi tepi sangat berperan dalam menentukan algoritma untuk deteksi ciri, segmentasi, dan analisis gerak. Pada suatu citra kontinu (tak-tercuplik), suatu transisi intensitas yang tajam antara piksel-piksel bertetangga bisa dianggap suatu tepi. Karena komponen-komponen frekuensi tinggi didahului dengan pencuplikan, setiap pasangan piksel dengan intensitas berbeda bisa dianggap sebagai bagian tepi yang potensial. Deteksi tepi merupakan topik penting dalam pengolahan citra. Tepi memberikan porsi yang signifikan atas informasi yang dikandung dalam citra, sehingga berguna untuk mengekstraksi ciri-ciri atas citra lengkap. Suatu peta tepi memiliki kompleksitas yang sangat tereduksi dengan tetap mempertahankan struktur penting yang ada pada citra aslinya [11].

Terdapat banyak metode untuk menghasilkan citra-citra tepi, diantaranya seperti berikut.

- a. Deteksi tepi melalui gradien spasial citra
- b. Deteksi tepi dengan gradien pertama
- c. Deteksi tepi dengan gradien arah
- d. Deteksi tepi dengan cara geser dan selisih citra
- e. Deteksi tepi dengan gradien kedua (Laplacian)
- f. Deteksi segmen-segmen garis
- g. Alihragam Hough
- h. Operator Canny
- i. Peruntan Kontur (*Contour Following*)

4. Nisbah isyarat-terhadap-derau (SNR)

Perbedaan antara citra keluaran dan citra masukan merupakan “derau” [9], sehingga setiap piksel isyarat keluaran terdiri atas sebuah isyarat masukan (piksel masukan yang berhubungan) ditambah derau (galat), sehingga :

$$g(x, y) = f(x, y) + e(x, y) \quad (9)$$

Nisbah isyarat-terhadap-derau akar-rerata atas citra keluaran didefinisikan sebagai rerata $g^2(x, y)$ dibagi dengan rerata $e^2(x, y)$ sepanjang larik citra. Dengan kata lain,

$$(SNR)_{rms} = \left[\frac{\sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} g^2(x, y)}{\sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} [g(x, y) - f(x, y)]^2} \right]^{1/2} \quad (10)$$

dengan perubah pada pembagi merupakan derau yang dinyatakan sebagai citra masukan dan keluaran.

5. Morfologi Citra Menggunakan Operator Minkowski

Morfologi merupakan studi terhadap ragam dan bentuk [25], bahasanya mencakup topik-topik geometri, topologi, teori himpunan, dan automata selular secara terpadu. Analisis matematis formal dari morfologi dapat dirumuskan menggunakan aljabar Minkowski. Secara khusus, operasi penjumlahan Minkowski dan pengurangan Minkowski adalah fundamental. Citra dianalisis dalam hal bentuk dan ukurannya menggunakan pola-pola dasar atau elemen-elemen penyusun. Operasinya dapat dianalogikan dengan konvolusi diskret, meskipun tidak sama persisi, dengan elemen-elemen penyusunnya dianalogikan sebagai kernel konvolusi. Perbedaannya adalah bahwa konvolusi mencakup perkalian dan penjumlahan, sedangkan operasi morfologis mencakup ekuivalen operasi-operasi himpunan atas data dan pengukuran lainnya seperti sejumlah nilai piksel yang berubah atau tak-berubah selama iterasi. Citra biner memungkinkan aplikasi langsung operator ini.

6. Reduksi Derau

Teknik-teknik untuk mereduksi/menghapus derau yang ada pada citra secara spesifik tergantung pada jenis-jenis derau itu sendiri. Terdapat tiga model derau yang umum, yaitu: derau *salt-and-pepper*, derau aditif Gaussian, dan derau multiplikatif *speckleyaitu* :

- a.) Tapis prlawat rendah
- b.) Tapis pelawat median
- c.) Implementasi Digital Tapis Wiener
- d.) Penapisan Homomorfik [15]

7. Histogram dan Ekualisasi Histogram

Suatu pendekatan yang cukup berguna pada pengolahan citra digital adalah menganggap intensitas citra $f(i, j)$ sebagai peubah-peubah acak yang memiliki fungsi rapat peluang (pdf)

$p_f(f)$ [22]. Pdf citra membawa informasi tentang kandungan citra global yang dapat dinilai. Namun demikian, secara umum pdf sulit ditentukan dan harus diestimasi dari citra itu sendiri menggunakan pdf empiris yang biasanya disebut **histogram** [22]. Dengan menganggap bahwa citra digital memiliki L , aras keabuan diskret (biasanya dari 0 sampai dengan 255) dan bahwa $n_k, k = 0, \dots, L-1$, merupakan jumlah piksel yang memiliki intensitas k .

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data citra paru yang rusak pada hasil citraan menggunakan sinar-X yang diperoleh dari instalasi Radiologi BP4 Kebumen.
- b. Konversi foto sinar-X paru-paru menjadi citra digital menggunakan alat pemancar (scanner). Persyaratan minimal foto sinar-X adalah foto yang masih utuh/ tidak robek, bersih/ tidak terdapat coret-coret tangan yang sangat tebal. Tekukan/ garis pada foto masih bisa ditoleransi. Foto yang sedikit kabur dan kontrasnya masih bisa ditoleransi. Penggunaan kamera digital dan lampu diagnosis yang cukup terang dapat menghasilkan foto digital yang lebih memuaskan.

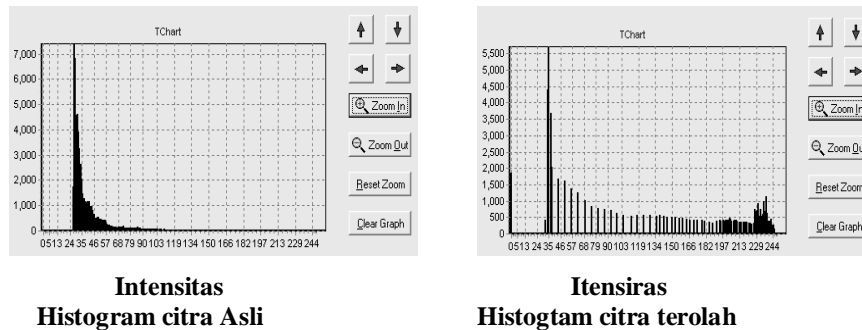
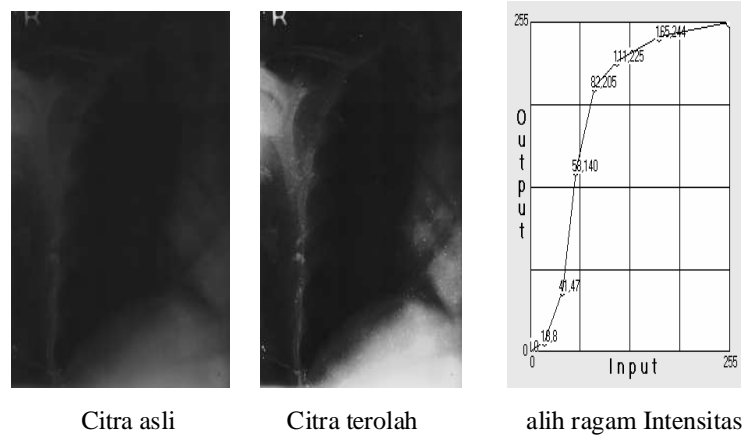
BAB IV HASIL PENELITIAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian diawali dengan mengambil contoh foto sinar – X kerusakan paru-paru pada tubuh manusia yang dalam hal ini paru-paru manusia yang normal, sebelum nantinya akan dilakukan pengambilan contoh paru-paru yang mengalami kerusakan untuk diidentifikasi. Selanjutnya contoh paru-paru tersebut harus disimpan dalam bentuk berkas digital agar dapat diolah. Citra-citra yang merupakan objek penelitian adalah citra paru-paru : TBC

1. Perangkat Pengujian Histogram Citra dan Pengaturan Intensitas

Perangkat ini digunakan untuk meningkatkan mutu citra melalui metode pengaturan intensitas dan ekualisasi histogram. Contoh tampilan dari perangkat ini adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Pengujian histogram citra dan pengaturan intensitas

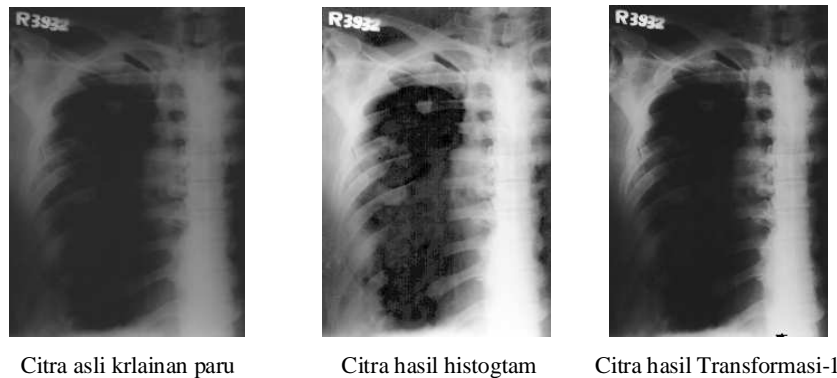
Pengujian ini memungkinkan eksplorasi dampak-dampak atas pengaturan nilai-nilai intensitas dan menerapkan koreksi *gamma* atas citra. Perangkat juga digunakan untuk ekualisasi histogram, yang memodifikasi citra sehingga histogram secara pendekatan menjadi rata. Perangkat antar muka juga menampilkan histogram atas citra asli dan citra hasil pengolahan.

Jika menu Pengaturan Intensitas yang dipilih, sejumlah kendali lain akan muncul. Kendali-kendali ini memungkinkan kenaikan dan penurunan kecerahan, kontras, dan koreksi gamma. Dimungkinkan pula untuk membuat spesifikasi gamma, nilai *low*, *high*, *bottom* ataupun *top* yang merupakan parameter pada pengaturan intensitas secara eksplisit menggunakan kotak edit di bawah dan di samping kanan sumbu alihragam. Sembarang pengaturan dapat juga dibuat secara langsung menggunakan kendali pada kurve alihragam.

a. Perangkat untuk Reduksi Derau dan Penapisan pada Citra

Perangkat ini digunakan untuk meningkatkan mutu citra melalui metode penghapusan derau (*noise reduction*) dan penapisan pada citra terpilih. Contoh tampilan dari perangkat ini adalah

seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Demo ini memungkinkan eksplorasi untuk mereduksi derau pada citra menggunakan teknik-teknik penapisan linear dan taklinear yang diterapkan pada beberapa jenis derau. Citra pada sebelah kiri pada jendela tampilan merupakan citra asli yang tidak cacat.



Gambar 4.2 Pengujian untuk reduksi derau dan penapisan pada citra

Menu di bawah citra asli digunakan untuk memilih satu dari sejumlah citra. Citra tengah merupakan citra asli yang ditambahi derau. Menu di bawah citra tengah digunakan untuk memilih satu dari tiga tipe derau yang berbeda. Tipe-tipe derau tersebut adalah : *salt-and-pepper*, dan *speckle*. *Field-field* di bawah menu dapat disunting untuk membuat spesifikasi parameter-parameter atas derau. Tombol Tambah Derau ditekan untuk menerapkan tampilan citra berderau. Citra pada sebelah kanan menunjukkan hasil dari penerapan tapis penghapusan derau atas citra sebelah tengah. Menu-menu di bawah citra ketiga digunakan untuk memilih tipe tapis dan ukuran dari ketetanggaannya (3x3, 5x5, atau 7x7). Jenis-jenis tapis yang tampak pada *field-field*-nya adalah Median, Pererantaan/lpf, Adaptif, Homomorfik, hpf, Kirsch, Laplace, dan Unsharp Masking (pengedokan tak-tajam). Sedangkan tombol Terapkan Tapis ditekan untuk menapis citra yang cacatnya.

B. Pembahasan

Pada bagian awal pembahasan ini disajikan beberapa kelebihan yang terdapat pada program yang dikembangkan. Kelebihan-kelebihan tersebut adalah : Penggunaan secara interaktif dapat melakukan ujicoba-ujicoba untuk mengeksplorasi citra-citra masukannya menggunakan fasilitas-fasilitas yang tersedia, seperti pengaturan intensitas, ekualisasi histogram, penghapusan derau dengan tapis-tapis yang beragam, deteksi tepi dengan beberapa metodenya, maupun pengolahan pada wilayah yang dikehendaki

Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang tidak terlalu tinggi untuk dapat menjalankan program aplikasi. Program aplikasi dapat membantu mengurangi subjektivitas pemakai dalam menggali informasi yang terdapat pada citra medis.

Program aplikasi mudah dikembangkan untuk penelitian-penelitian lanjutan karena bahasan yang digunakan, yaitu *delphi* merupakan bahasan aplikasi yang sangat ringkas, memiliki fasilitas *toolbox* yang sangat banyak, termasuk di dalamnya *Image Processing Toolbox*.

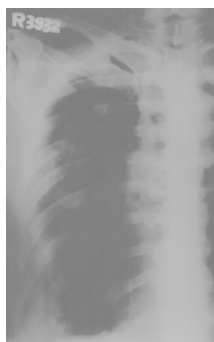
Beberapa karakteristik paru-paru, maupun gangguan-gangguan pada paru-paru yang menyebabkan kerusakan maupun dislokasi, tidak memiliki pola-pola spesifik sehingga keahlian dan pengalaman dari tenaga medis radiologi mutlak diperlukan. Namun, sering dijumpai adanya citra foto sinar – X yang masih kabur, kontras kurang kuat, dan sebagainya, sehingga meskipun dari satu citra yang diamati oleh lebih dari satu pengamat, boleh jadi diperoleh hasil pengamatan yang lebih dari satu. Contoh kasus adalah citra kelainan paru seperti tampak gambar 4.9a yang ditunjukkan gambar 4.15 versi yang diperbesar.



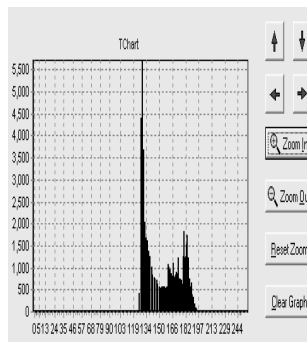
Gambar 4.3 citra kelainan paru

Gambar 4.15 merupakan citra kerusakan paru karena pembengkakan [ada jaringan lunak disekitar paru kanan. Baras-batas jaringan lunak yang menyebabkan pembengkakan dikuantisasi untuk menentukan volume pembengkakan tersebut. Penggunaan deteksi tepi kurang mampu membuat segmentasi batas-batas tersebut karena batas-batas yang lebih dari satu dengan tingkat gradasi keabuan yang bervariasi (terdapat tepi yang dibedakan atas perbedaan atas keabuan yang kecil, sedang ataupun yang cukup besar), sehingga penerapan detektor tepi konvensional kurang memadai karena ambang yang ditetapkan hanya satu, kecuali untuk detektor *canny* yang mampu mendeteksi dua nilai ambang : tinggi atau rendah.

Untuk mengatasi masalah diatas, pengolahan untuk menguatkan gradasi lemah pada citra berkontras rendah digunakan metode ekualisasi histogram, sedangkan untuk mempertahankan tepi dominan atas objek digunakan deteksi tepi yang dilanjutkan dengan proses dilasi. Gabungan ekualisasi histogram dan dilasi citra tepi pada citra tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.6. Citra pada Gambar 4.6 cenderung berada pada daerah kontras terang, seperti ditunjukkan pada histogram Gambar 4.7 sehingga tepi-tepi dominan pada paru-paru justru terlihat melemah. Pengaturan intensitas atas citra tersebut menghasilkan citra yang lebih jelas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gbr 4.4 citra hasil transformasi-4 dan dilatasi atas citra tepi gbr 4.3



Gbr. 5.4 Histogram atas citra pada gbr 4.4



Gbr. Hasil Transformasi-5 atas citra pada gbr 4.4

Seperti telah dikemukakan pada bagian sebelumnya, bahwa proses ekualisasi histogram mengakibatkan pelemahan tepi citra paru-paru itu sendiri, sehingga perlu penggabungan antara citra pada Gambar 4.3 dengan hasil deteksi tepi (atau deteksi tepi yang telah didilasi) atas citra aslinya. Hasil penggabungan tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.4 Karena faktor subjektivitas, maka pengolahan atas citra medis tergantung pada bagian mana, ataupun informasi apa yang ingin digali dari sebuah citra digital. Oleh sebab itu, jika hanya untuk mengetahui ada/tidaknya kerusakan pada paru-paru, maka citra pada Gambar 4.30 sudah cukup representatif. Namun jika diperlukan informasi tentang sejauh mana luas pembekakan, misalnya, maka citra hasil pengaturan intensitas dan/atau ekualisasi histogram akan lebih disukai. Namun, jika diinginkan tepi-tepi dominan tidak ikut terdegrasi setelah pengolahan pengaturahn intensitas/atau ekualisasi histogram, maka gabungan citra terolah tersebut dengan hasil deteksi tepi (dan dilasi) akan lebih disukai.

Dalam implementasinya, program-program yang telah dikembangkan telah memenuhi keinginan pemakai, dalam hal ini tenaga medik radiologik. Namun, uji coba terhadap variasi

menu/program yang ditawarkan, dijumpai adanya kebutuhan otomatisasi program terhadap penyelesaian analisis foto sinar – X yang lebih besar, dalam artian pengguna dibebaskan/dihindarkan dari pemilihan atau pengisian angka/kuantitas pada menu yang disediakan. Misalnya : pengetikan nilai *low*, *high*, *bot*, dan *top*, maupun nilai *gamma* – nya – termasuk pula garis interaktif pada kendali pengaturan intensitas – pada program aplikasi pengaturan intensitas, tidak disukai. Sedangkan program aplikasi yang berisi fasilitas pengolahan atas wilayah citra yang diinginkan – dengan menu-menu (tapis-tapis) yang sudah dibuatkan otomatisasinya secara *default* – nya – lebih disukai dari pada program aplikasi untuk deteksi tepi. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan pengolahan atas bagian-bagian citra paru-paru (dan sekitarnya) pada wilayah citra yang diinginkan (ditandai dengan kedok yang ditentukan sekehendak pemakai), dengan tetap mempertahankan tampilan citra aslinya yang tidak tertutupi kedok. Hal ini bisa dimaklumi karena terdapat perbedaan antara kebutuhan pengguna yang ingin segalanya bersifat terotomatisasi dan serba ‘tinggal klik’ dengan kebutuhan analitik-akademik terhadap pengolah citra yang seharusnya menyajikan menu-menu yang beraneka-ragam sesuai landasan teori, dan memerlukan pemahaman yang cukup bagus atas nilai-nilai kuantitatifnya, dalam bentuk angka-angka, tabel, maupun grafik.

BAB V KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini.

1. Proses identifikasi kerusakan Paru-paru dapat diturunkan tingkat subjektivitasnya menggunakan perangkat lunak aplikasi analisis citra foto sinar-X yang dikembangkan selama penelitian. Tingkat subjektivitas yang dimaksudkan adalah tingkat perbedaan pengamatan yang dilakukan oleh beberapa pengamat. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis yang diambil telah terbukti.
2. Direksi tepi citra konvensional – yang menggunakan penetapan nilai ambang hanya satu, kecuali detektor Canny yang mampu mendeteksi dua nilai ambang – kurang mampu membuat segmentasi batas-batas citra paru-paru yang lebih dari satu dengan tingkat gradasi keabuan yang bervariasi (terdapat tepi yang dibedakan atas perbedaan aras keabuan yang kecil, sedang, ataupun yang cukup besar).
3. Untuk mengatasi kelemahan deteksi tepi pada proses identifikasi kerusakan paru-paru, pengolahan untuk menguatkan gradasi lemah pada citra berkontras rendah digunakan metode ekualisasi histogram. Sedangkan untuk mempertahankan tepi dominan atas objek digunakan

deteksi tepi yang dilanjutkan proses dilasi. Gabungan antara ekualisasi histogram dan dilasi atas tepi citra memberikan informasi yang cukup signifikan pada proses identifikasi ini.

4. Perangkat lunak aplikasi analisis citra paru-paru yang dikembangkan mampu membantu tenaga radiologi-medis dalam menggali informasi pembengkakan jaringan lunak (*soft tissue*), mengidentifikasi kerusakan paru-paru, maupun untuk tujuan perbaikan ataupun pemulihan citra paru-paru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aston, R., 1991, *Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement*, Maxwell Macmillan International Edition, New York.
- [2] Awcock, G.W. and R. Thomas, 1996, *Applied Image Processing*, McGraw-Hill, Inc., New York.
- [3] Basuki, W., 2000, *Analisis Perbaikan Citra untuk Data Medis menggunakan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan*, Tesis S-2, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [4] Castleman, K.R., 1996, *Digital Image Processing*, Prentice-Hall, Inc., Englewoods Cliff, New Jersey.
- [5] Cromwell, L., Weibell, F.J., dan Pfeiffer, E.A., 1980, *Biomedical Instrumentation and Measurements*, 2^m ed., Prentice-Hall, Inc., englewoods Cliff, new Jersey.
- [6] Czerwinski, R.N., Jones, and W.D. O'Brien, Jr., "Line and Boundary Detection in Speckle Images", *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 7, pp.1700-1714, Dec. 1998.
- [7] Duda, R.O. and P.e. Hart, 1973, *Pattern Classification and Scene Analysis*, John Wiley & Sons, New York.
- [8] Ekstrom, M.P., *Digital Image Processing Techniques*, Academic Press, IN., Orland, Florida.
- [9] Gonzalez, R.C., and P. Wintz, 1987, *Digital Image Processing*, 2nd ed., Addison-Wesley Publishing Company, Menlo Park-California.
- [10] Guild, N.,J. Villalba and E.L. Zapata, "A Fast Hough Transform for Segment Detection," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 4, pp. 1541-1548, Nov. 1995.
- [11] Hardie, R.C. and C.G. Boncelet, "Gradient-Based Edge Detection Using Nonlinear Edge Enhancing Prefilters," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 7, pp. 1572-1577, Nov 1995.

- [12] Hilman, I., 1982, *Diagnostik Radiologi: Kelebihan dan keterbatasannya*, Bunga Rampai Ilmu Kedokteran, Penerbit Alumni, Bandung.
- [13] Horn, B.K.P., 1986, *Robot Vision*, The MIT Press, Cambridge-Massachusetts.
- [14] Hussain, Z., 1991, *Digital Image Processing: Practical Applications of Parallel Processing Techniques*, Ellis Horwood Ltd., West Sussex-England.
- [15] Jain, A.K., 1995, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice-Hall of India, New Dehli.
- [16] Lim, J.S., 1990, *Two Dimensional Signal and Image Processing*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- [17] McClintic, J.R., 1980, *Experiments for Basic Anatomy and Physiology of the Human Body*, 2nd ed., John Eiley & Sons, New York.
- [18] Murni, A., 1992, *Pengantar Pengolahan Citra*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- [19] Palmer, P.E.S., W.P. Cockshott, dan E. Samuel (terj. L. Hartono), 1995, *Petunjuk Membaca Foto untuk Dokter Umum*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- [20] Paniran, 2001, *Peningkatan Citra Medis Menggunakan Tapis Morfologi*, Tesis S-2, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [21] Paplinski, A.P., "Directional Filtering in Edge Detection," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 7, pp. 611-615, Apr.1998.
- [22] Pitas, I., 1993, *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice Hall International, New York.
- [23] Pratt, W.K., 1978, *Digital Image Processing*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [24] Santoso, B., 1990, *Simulasi Sistem Todomensitometri Medis*, Skripsi S-1, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [25] Schalkoff, R.J., *Digital Image Processing and Computer Vision*, John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- [26] Sudarmanto, 1998, *Peningkatan Citra dan pewarnaan Buatan*, Tesis S-2, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [27] Thompson, C. and L. Shure, 1993, *Image Processing and Computer Vision*, Jhn Wiley & Sons, Inc., Canada.
- [28] Sudarmanto, 1998, *Peningkatan Citra dan Pewarnaan Buatan*, Tesis S-2, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- [29] Thompson, C.M. and L. Shure, 1993, *Image Processing Toolbox For Use With MATLAB*, The MathWorks, Inc., Natick, MA.
- [30] ---, 1998, *Image Processing Toolbox User's Guide*, The MathWorks, Inc., Natick, MA.
- [31] ---, 2000, *Image Processing Toolbox User's Guide*, version 2, The MathWorks, Inc., Natick, MA.