

PERANGKAT LUNAK PENGKLASIFIKASI CITRA X-RAY BERDASARKAN BENTUK OBJEK DENGAN MENGUNAKAN PENDEKATAN GRID¹⁾

Bertalya dan Prihandoko²⁾

I. PERMASALAHAN DAN TUJUAN PENELITIAN

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 kelas 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.

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.

II. INOVASI IPTEKS

Penelitian ini merupakan pembuatan suatu produk perangkat lunak yang inovatif dimana dapat digunakan untuk menyimpan citra X-ray organ tubuh dalam bentuk digital, dapat menampilkan citra X-ray yang tersimpan di dalam database, serta dapat melakukan pemrosesan pengklasifikasian citra X-ray organ tubuh secara otomatis. Proses pengklasifikasian citra X-ray menggunakan teknik baru yakni pendekatan grid yang mentransformasikan kontur dari bentuk objek citra hasil dari segmentasi menjadi bentuk citra yang general dan sederhana. Kemudian representasi dari kontur bentuk citra yang sederhana akan digunakan dalam proses klasifikasi. Perepresentasian kontur dari bentuk citra X-ray menggunakan Kode Freeman. Distribusi dari Kode Freeman digunakan sebagai parameter dalam proses pencocokan dengan menghitung similaritas menggunakan teknik *Jeffrey Divergence*.

II KONTRIBUSI TERHADAP PEMBANGUNAN

Penelitian ini mencoba mengatasi masalah proses pengklasifikasian di bagian Radiologi di rumah sakit yang masih dilakukan secara manual menyebabkan pekerjaan pendokumentasian maupun pengklasifikasian citra X-ray pasien menjadi lambat. Produk perangkat lunak hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan di bagian Radiologi di rumah sakit untuk membantu pekerjaan mereka.

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. Dengan demikian pekerjaan yang mereka lakukan tidak lagi manual tapi beralih ke penggunaan teknologi informasi yang otomatis.

Perangkat lunak yang dibuat menggunakan metode pendekatan pengklasifikasian yang baru yakni pendekatan grid sehingga produk yang dihasilkan layak untuk mendapatkan hak paten atau hak cipta.

IV. MANFAAT BAGI INSTITUSI

Penelitian ini dilakukan ketua dan anggota peneliti yang merupakan staf pengajar di lingkungan Universitas Gunadarma. Penelitian ini juga melibatkan tiga mahasiswa skripsi (S1) yang telah menyelesaikan sidang sarjananya yakni :

1. NPM : 10107001

Nama : A. Yuliana

Judul : Implementasi Aplikasi Pengklasifikasian Citra X-ray Menggunakan Pendekatan Grid dan Penghitungan Jarak 1,2,3 Terdekat

V. PUBLIKASI ILMIAH

- a. Bertalya & Prihandoko, “Perangkat Lunak Pengklasifikasi Citra X-ray”, Jurnal Seri Makara, Universitas Indonesia (rencana)
(Naskah terlampir)

1) Penelitian dibiayai melalui Hibah Bersaing, tahun anggaran 2011, Rp. 35.000.000,-
2) Dosen Ilmu Komputer dan TI./ Sistem Informasi, Universitas Gunadarma, Depok

Perangkat Lunak Pengklasifikasi Citra X-ray

Bertalya dan Prihandoko

Fakultas Ilmu Komputer & Teknologi Informasi, Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya, No.100, Pondok Cina, Depok

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan citra X-ray secara otomatis. Citra X-ray terlebih dahulu disegmentasi untuk mendapatkan bentuk objek pada citra X-ray yang dapat merepresentasikan objek pada citra X-ray tersebut secara akurat. Bentuk objek citra ini akan digunakan sebagai pengidentifikasi untuk menentukan klasifikasi dari citra X-ray itu sendiri. Dikarenakan citra X-ray terlalu detail dan konturnya banyak menampilkan detail garis, maka kontur ini ditransformasikan menggunakan pendekatan grid. Hasil pengujian terhadap 300 citra X-ray original menghasilkan tingkat nilai recognition rate sebesar 52.67%.

PENDAHULUAN

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 me-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 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. Bentuk objek yang merepresentasikan citra itu sendiri diperoleh dari hasil proses segmentasi terhadap citra X-ray. Bentuk objek yang baik tentunya akan memberikan hasil klasifikasi yang akurat.

METODOLOGI PENELITIAN

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.

Proses segmentasi citra terdiri dari beberapa sub-proses diantaranya: *grayscale*, *threshold*, deteksi tepi, pengisian (*filling*), *opening*, *closing*, dan yang terakhir representasi kontur. Kemudian kontur dari bentuk objek citra X-ray ditransformasikan menggunakan pendekatan grid untuk memperoleh kontur yang lebih general dan sederhana selanjutnya direpresentasikan dengan Kode Freeman.

Proses *Grayscale*

Grayscale adalah proses perubahan nilai *pixel* dari warna (RGB) menjadi *gray-level* (Gonzales, 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.

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. 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*.

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. Tepi mencirikan batas-batas objek dan karena itu tepi berguna untuk proses segmentasi dan identifikasi objek dalam sebuah citra. Tepi termasuk dalam komponen berfrekuensi tinggi, maka pendeteksian tepi dapat dilakukan dengan penapis lolos-tinggi (*high pass filter*).

Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah turunan kedua dari Operator *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 tepi Meksiko (Mexican Hat) karena bentuk kurvanya seperti topi Meksiko.

Penapis LoG yang berukuran 5×5 :

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

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.

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 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 (dengan asumsi biner/hitam putih), pola yang harus dihasilkan adalah penelusuran dalam bentuk rangkaian piksel.

Proses Transformasi Citra X-ray dengan Grid

Pada penelitian ini digunakan grid dengan ukuran 16 x 16, dengan kata lain 16 dari lebar citra 256 sehingga setiap blok grid memiliki 16 x 16 elemen atau 16 x 16 piksel. Alasan menggunakan pendefenisian grid 16 karena dengan mentransformasi dengan 16 grid gambar masih menunjukkan bentuk umum kontur dari citra.

Proses grid pertama diawali dengan masukan matriks biner hasil proses sebelumnya. Kemudian melakukan pembagian gambar grid (Bertalya & Prihandoko, 2009; Barli, 2010).

Proses Perepresentasian dengan Kode Freeman

Penentuan Kode Freeman dilakukan setelah diperoleh batas tepi objek dari citra biner. Penentuan Kode Freeman ini digunakan untuk menggambarkan bentuk luar dari objek citra dengan serangkaian kode dari garis-garis pada batas tepi objek citra berdasarkan panjang dan arah tertentu (Bertalya & Prihandoko, 2009; Barli, 2010).

Arah dari representasi batas tepi objek citra menggunakan skema 8-arah mata angin yang telah diberi angka-angka tertentu,

Proses selanjutnya setelah penentuan Kode Freeman adalah menghitung distribusi untuk setiap Kode Freeman yang didapat. Untuk mengurangi distribusi nilai dari Kode Freeman yang tidak seimbang, maka dilakukan proses normalisasi dengan menghitung probabilitas distribusi untuk semua nilai menjadi nilai yang berada pada interval 0 dan 1, yaitu dengan membagi setiap jumlah setiap Kode Freeman dengan banyaknya data Kode Freeman. Kemudian nilai-nilai tersebut disimpan dalam satu vektor.

Pencocokan dengan Citra Referensi

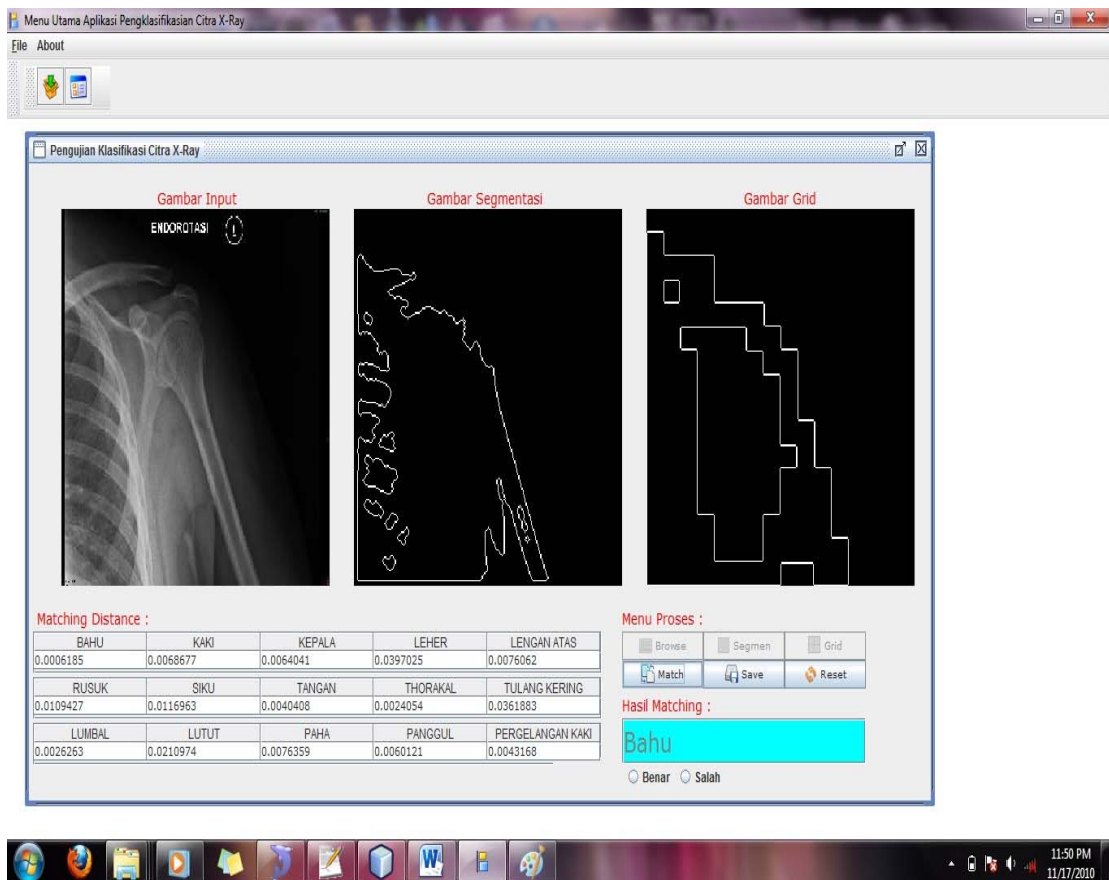
Proses pencocokan merupakan tahap akhir dari pengklasifikasian citra. Proses ini bertujuan membandingkan antara dua citra dengan menghitung jarak antar vektor. Dengan menggunakan vektor ini, citra X-ray uji dicocokkan dengan citra X-ray dari referensi yang disimpan dalam database. Proses ini menghitung similaritas antara vektor dari probabilitas distribusi dari setiap Kode Freeman untuk citra uji dengan citra referensi. Teknik pengukuran similaritas yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik *Jeffrey Divergence* (Bertalya & Prihandoko, 2009; Barli, 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melakukan pengujian terhadap 500 citra X-ray yang terdapat pada database hasil dari penelitian tahun pertama dari berbagai jenis citra X-ray yaitu citra kepala, kaki, lumbal, panggul, bahu, tangan, tulang kering dan dada. Akan tetapi yang berhasil diuji hanya sebanyak 450 citra X-ray dikarenakan menemui kegagalan pada proses segmentasi. Kegagalan disebabkan karena citra X-ray original terlalu gelap.

Pengujian dilakukan dengan algoritma *leaving-one-out* dari keseluruhan citra X-ray original yang terdapat pada database. Artinya, dari database diambil satu citra X-ray sebagai citra uji kemudian dicocokkan dengan sisa dari citra X-ray yang terdapat pada database. Penghitungan similaritas menggunakan penghitungan 1,2,3 jarak terdekat menggunakan teknik *Jeffrey Divergence*.

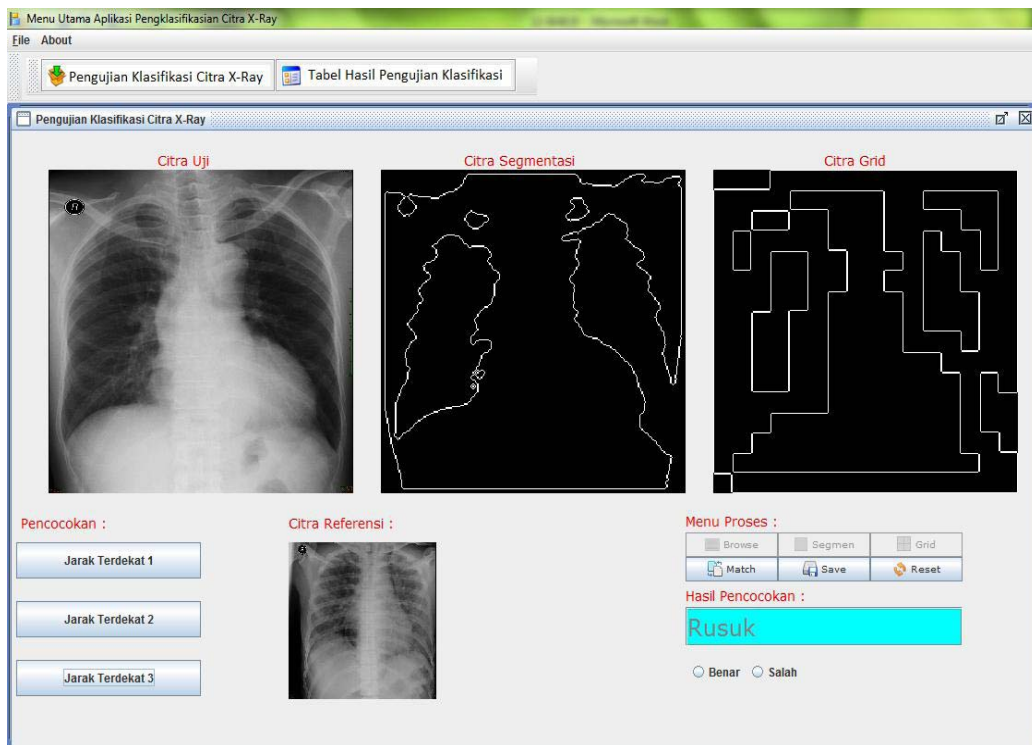
Hasil pemrosesan dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Tampilan Pengklasifikasian Terhadap Citra X-ray Bahu

Pada Gambar 1 bagian bawah diperlihatkan hasil penghitungan jarak dengan teknik *Jeffrey Divergence* antara citra X-ray input dengan citra X-ray referensi. Jarak terkecil merupakan hasil dari proses pencocokan ini dan mengindikasikan klas dari objek citra X-ray yang diuji. Gambar 2 memperlihatkan pengklasifikasian menggunakan jarak 3 terdekat.

Pada pengujian 3 jarak terdekat terdapat 292 citra yang berhasil di klasifikasikan dan 158 citra gagal di klasifikasikan, dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Tampilan Pengklasifikasian dengan 3 Jarak Terdekat

Tabel 1. Tabel Hasil Penguji 450 Citra X-ray 3 Jarak Terdekat

Kelas Citra	Status Penguji Citra X-ray 3 Jarak Terdekat	
	Benar	Salah
Bahu	37	0
Kaki	10	7
Kepala	27	9
Leher	17	7
Lengan atas	7	9
Lumbal	8	16
Lutut	26	0
Paha	15	14
Panggul	19	27
Pergelangan kaki	6	22
Rusuk	51	6
Siku	10	7
Tangan	3	12
Thorakal	32	13
Tulang kering	24	9
Total	292	158

Dari hasil pengujian diperoleh *recognition rate* dari perhitungan dengan jarak terdekat 1 sebesar 40.88%, 2 jarak terdekat sebesar 50.44% dan 3 jarak terdekat diperoleh *recognition rate* sebesar 60.88%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 500 citra X-ray hanya berhasil diproses hingga selesai adalah sebanyak 450 citra X-ray dikarenakan kualitas citra X-ray tidak bagus karena terlalu gelap dan terdapat banyak objek yang bukan target objek citra sehingga mengganggu proses pengklasifikasian. *Recognition rate* yang dicapai sebesar 60.88% dengan teknik penghitungan similaritas menggunakan 1,2,3 jarak terdekat. Pada penelitian selanjutnya, akan lebih difokuskan pada perbaikan kualitas citra X-ray terlebih dahulu sebelum dilakukan proses segmentasi dan pengklasifikasian citra X-ray.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI, DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL yang telah membantu penelitian ini dengan pemberian dana penelitian melalui Hibah Bersaing Lanjutan Nomor DIPA : 0041/023-04.1/-/2010 Tanggal 31 Desember 2009. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa Barli Dharmajaya, Nindya Nur Pratiwi dan Ahmad Qusyairi dan A Yuliana serta Fauziyah yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bertalya & Prihandoko. 2009. "Grid Approach for X-ray Image Classification". Proceeding of International Conference on Instrumentation, Communication, Information Technology & biomedical Engineering (ICICI-BME) 2009. Bandung Institute of Technology. 23th-24th Novembre 2009
- Barli Dharmajaya. 2010. "Pengklasifikasian Citra X-ray Organ Tubuh Manusia dengan Transformasi Kontur ke Bentuk yang Lebih Sederhana Menggunakan Gris Berukuran 16x16". Skripsi Teknologi Informasi. Universitas Gunadarma. Depok. Indonesia
- 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.
- 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
- 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
- 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