

DETEKSI DAN IDENTIFIKASI UKURAN OBYEK ABNORMAL (STUDI KASUS : CITRA OTAK MANUSIA)

Enny Itje Sela¹⁾, Agus Harjoko²⁾

¹⁾STMIK AKAKOM, Yogyakarta, email: ennysela@akakom.ac.id

²⁾Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, email: aharjoko@ugm.ac.id

Abstrak

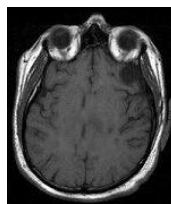
Makalah ini membahas tentang otomatisasi sistem untuk identifikasi ukuran obyek abnormal pada citra otak manusia. Untuk dapat melakukan identifikasi terlebih dahulu harus melakukan proses deteksi. Deteksi dilakukan menggunakan operasi *subtract*, *segmentasi watershed* dengan metode *disk filter*, dan operasi morfologi. Fungsi morfologi yang digunakan adalah *fspecial* dan *imfilter*. Untuk melakukan marker pada latar depan, operasi morfologi yang dikerjakan adalah *opening by reconstruction* (dengan fungsi *strel*, *imopen*, *imerode*, *imreconstruct*). Sedangkan untuk identifikasi ukuran dilakukan dengan menghitung jumlah piksel citra hasil deteksi. Citra yang dibutuhkan adalah citra otak normal dan beberapa citra otak abnormal dengan lokasi yang berbeda-beda dalam bentuk 2D. Dari citra yang sudah diujicoba, sistem dapat mendeteksi dan mengidentifikasi dengan baik ukuran citra abnormal.

Kata kunci: citra abnormal, *subtract*, morfologi, deteksi, identifikasi

1. PENDAHULUAN

Deteksi dan identifikasi ukuran obyek abnormal membutuhkan keakuratan yang tinggi. Domain ini masih perlu dikembangkan mengingat, keberadaan obyek abnormal pada otak merupakan salah satu penyebab kematian pasien. Deteksi dan identifikasi yang cepat, akurat serta meminimalkan *false negative*, diharapkan dapat memberi penanganan yang tepat. Sistem ini sedapat mungkin mengurangi *human error* yang dilakukan *radiologist/physicians*, dan yang paling penting adalah mengurangi resiko kematian pasien. Melakukan proses kombinasi manual dan otomatis (*double reading*) sebenarnya merupakan langkah terbaik untuk mendeteksi ukuran obyek abnormal.

Pada umumnya, untuk mengidentifikasi ukuran obyek abnormal pada otak, biasanya masih dilakukan secara manual (*human inspection*), dengan melihat citra yang dihasilkan oleh MRI (*medical resonance imaging*). Hasil citra tersebut biasanya terdapat *noise*. Selain itu, data citra juga masih alami (bercampur dengan citra lain), ukuran besar, dan bersifat kompleks. Berdasarkan data asli MRI, tentunya tidak mudah untuk mengetahui ukuran obyek abnormal secara tepat, dan biasanya membutuhkan waktu yang tidak sedikit. Dalam kasus yang ekstrim, hasil diagnosis bisa salah yang mengakibatkan penangannya pun juga salah. Pada penelitian ini, akan dibuat sistem otomatisasi pendeteksi ukuran citra otak abnormal menggunakan teknik pengolahan citra khususnya operasi *subtract* dan morfologi. Data citra yang diolah diperoleh dalam format .jpg



Gambar 1. Citra Otak

Berdasarkan data yang telah diperoleh, penulis sudah mendapatkan data citra abnormal dan citra normal, sehingga akan lebih mudah menggunakan operasi *subtract* dikombinasikan operasi morfologi.

Adapun tujuan penelitian ini:

1. Membuat sistem pendeteksi ukuran citra abnormal
2. Membandingkan rasio ukuran obyek abnormal dengan citra abnormal keseluruhan

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai sistem pendeteksi obyek abnormal pada citra otak yang dapat digunakan oleh tenaga medis. Penelitian ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sebuah

sistem yang memiliki kemampuan untuk mengatur, mengorganisasi, dan menemukan kembali (*retrieve*) basis data berbagai kelainan pada otak..

2. TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai sistem komputer juga telah dibuat untuk mendeteksi obyek menggunakan teknik pengolahan citra yaitu : neuro fuzzy [1][7], machine leaning[4], support vector machine[5], matematika morfologi [8], klasifikasi[9], jaringan saraf tiruan[10], *decision support system*[14]. Penelitian [16] membahas cara mengenali dan mendeteksi sebuah gambar mempunyai nilai gambar porno atau tidak dengan memanfaatkan pengolahan citra dan jaringan araf tiruan. Pada proses pengolahan citra menggunakan metode deteksi tepi dengan operator sobel. Pendeteksian dilakukan dengan pendekatan dua obyek setengah lingkaran dan lingkaran didalamnya yang memiliki jarak berdekatan. Sebanyak 2400 citra dengan ukuran citra yang diambil adalah 100x100 yang kemudian diubah dalam bentuk vector 10000, diolah menggunakan jaringan LVQ. Pada penelitian [17] menggambarkan sistem pendeteksi manusia yang tertangkap oleh web cam. Jika berhasil dideteksi maka alarm berbunyi dan sistem akan mencatat log. Sistem hanya sebuah 1 webcam sebagai alat sensor dan proses segmenatsi dan klasifikasi. Input jat $62 \times 56 = 3472$, 1 hidden dengan 1500 neuron, dan neuron output sebanyak 33472. Pada penelitian [18], deteksi tepi dilakukan pada citra paru-paru 3D menggunakan matematika morfologi. Citr a paru-paru tersebut merupakan hasil dari CT Scan yang mempunyai noise dengan jenis salt-and-pepper. Pada operasi deteksi tepi dengan morfologi memilih struktur elemen yang cocok untuk memproses image dengan operasi dilasi, erosi, opening dan closing. Sehingga pada penelitian ini, dengan operasi morfologi dapat men-generate struktur elemen yang sesuai dengan citra yang dideteksi. Struktur elemen yang digunakan dengan ukuran 3x3. Sebuah pendekatan baru untuk meningkatkan citra digital gambar mamografi diperkenalkan pada [19], untuk lebih akurat deteksi cluster microclacification. Dalam citra asli mammographic yang diperoleh dengan radiografi X-ray, sebagian besar informasi yang tersembunyi untuk pengamat manusia. Metode ini didasarkan pada redundant discrete wavelet. Penelitian tentang deteksi wajah juga dikerjakan pada [20]. Deteksi wajah adalah salah satu masalah menantang di pengolahan gambar. Pendekatan ini mengandalkan fitur berbasis warna kulit diekstrak *Discreate Cosine Transfer* (DCT) 2D dan jaringan saraf, yang dapat digunakan untuk mendeteksi wajah dengan menggunakan warna kulit dari DCT fitur koefisien C_b dan C_r vektor. Sistem ini mengolah fitur warna kulit wajah untuk deteksi, dan kemudian calon kulit wajah diperiksa dengan menggunakan jaringan saraf, untuk mengklasifikasikan apakah gambar asli termasuk wajah atau tidak. Pengolahan ini didasarkan pada normalisasi dan *Discreate Cosin Transfer*.

Pada bagian ini akan dijelaskan beberapa teori yang digunakan dalam penelitian ini yaitu segmentasi, dan morfologi yang diambil dari [2][3][11][12]

- Segmentasi

Segmentasi merupakan pemisahan obyek-obyek yang ada pada citra sehingga pengolahan citra dapat dilakukan pada masing-masing obyek. Salah satu metode segmentasi adalah watershed, yaitu metode segmenatsi yang memproses citra berdasarkan tingkat warna abu-abunya. Tujuan segmentasi dengan metode ini adalah membentuk garis watershed (dam) agar diperoleh segmen dengan batas yang kontinyu. Citra dibentuk seakan-akan menjadi topografi, dengan warna paling gelap menjadi dasarnya. Sebelum segmentasi dilakukan, dibutuhkan juga preprocessing. Ada banyak preprocessing yang dapat dilakukan dan obyek yang dihasilkan oleh proses ini tergantung pada preprocessing ini. Segmentasi dengan metode ini menghasilkan citra yang lebih baik jika dapat diidentifikasi, atau memberi tanda (*mark*) pada latar depan dan latar belakang obyek.

Fungsi yang digunakan sebagai *mask edge* adalah metode Sobel, imfilter, dan beberapa aritmatika sederhana untuk menghitung *gradient magnitude*. Gradien akan memberikan tanda yang lebih jelas pada daerah perbatasan obyek dan menurunkan daerah dalam obyek. Jenis-jenis fungsi yang ada adalah average, disk, Gaussian, laplacion, log, motion, prewitt, sobel, unsharp.

- Morfologi

Operasi morfologi adalah teknik pengolahan citra yang didasarkan pada bentuk segmen atau region dalam citra. Ada beberapa operasi morfologi yang dapat dilakukan antara lain, yaitu dilasi, erosi, opening (pembukaan), closing (penutupan), dan filling (pengisian) :

Dilasi adalah suatu proses menambahkan piksel pada batasan dari objek dalam suatu gambar sehingga nantinya apabila dilakukan operasi ini maka gambar hasilnya lebih besar ukurannya dibandingkan dengan gambar aslinya. Operasi dilasi dilakukan untuk memperbesar ukuran segmen objek dengan menambah lapisan di sekeliling objek.

Erosi adalah kebalikan dari operasi dilasi. Pada operasi ini, ukuran objek diperkecil dengan mengikis sekeliling objek.

Opening (pembukaan) merupakan kombinasi antara operasi erosi dan dilasi yang dilakukan secara berurutan, tetapi citra asli dierosi terlebih dahulu baru kemudian hasilnya didilasi. Operasi ini digunakan untuk memutus bagian-bagian dari objek yang hanya terhubung dengan 1 atau 2 buah titik saja.

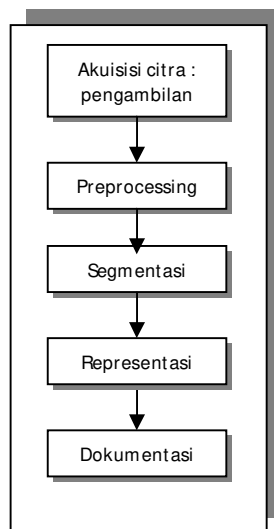
Closing (penutupan) adalah kombinasi antara operasi dilasi dan erosi yang dilakukan secara berurutan. Citra asli didilasi terlebih dahulu, kemudian hasilnya dierosi. Operasi ini digunakan untuk menutup atau menghilangkan lubang-lubang kecil yang ada dalam segmen objek. Operasi penutupan juga digunakan untuk menggabungkan 2 segmen objek yang saling berdekatan (menutup sela antara 2 objek yang sangat berdekatan).

Filling (pengisian) merupakan kebalikan dari operasi pencarian batas citra. Pada operasi ini, citra masukan adalah citra batas/kontur, kemudian dilakukan pengisian sehingga diperoleh segmen objek yang solid. Prosesnya dimulai dengan menentukan titik awal pengisian yang terletak di dalam objek, kemudian bergerak ke arah titik-titik tetangganya.

3. METODE PENELITIAN

Sistem pendeteksi obyek abnormal dibuat untuk mengetahui ukuran citra abnormal. Selain itu juga dapat diketahui rasio perbandingan luas obyek normal dengan obyek abnormalnya. Untuk mendapatkan sistem itu, digunakan operasi pengurangan (*subtract*) dua buah citra dan hasilnya perlu dilakukan operasi morfologi untuk memperjelas obyek abnormal yang dihasilkan.

Secara umum langkah yang dilakukan dalam pembuatan sistem dapat dijabarkan menjadi beberapa langkah seperti dalam gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Langkah-langkah Penyelesaian

- **Akuisisi Citra**

Akuisisi citra adalah tahap untuk mendapatkan citra digital. Tujuan akuisisi citra adalah untuk menentukan data yang diperlukan. Preprocessing merupakan proses awal pengolahan citra. Hal-hal yang dilakukan pada tahap ini adalah melakukan konversi citra menjadi format grayscale dan melakukan proses threshoding sehingga menjadi citra biner. Segmentasi bertujuan untuk mempartisi citra menjadi bagian-bagian pokok yang mengandung informasi penting. Dalam hal ini yang dikerjakan adalah memisahkan citra tumor dari otak, ataupun memisahkan citra otak dari latar belakang. Sedangkan tahap representasi dan deskripsi digunakan untuk merepresentasikan suatu wilayah sebagai suatu daftar titik-titik koordinat dalam kurva tertutup, dengan deskripsi luasan atau perimeternya. Teknik yang digunakan dalam tugas ini adalah morfologi. Dalam morfologi, nilai dari

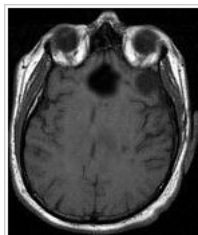
setiap piksel dalam citra hasil diperoleh melalui perbandingan antara piksel bersesuaian pada citra masukan dengan piksel tetangganya. Dengan mengatur atau memilih ukuran dan bentuk dari matrik kernel (*structuring element*) yang digunakan maka dapat diatur sensitivitas operasi morfologi terhadap bentuk tertentu pada citra masukan. Untuk melakukan *marker* pada latar depan, operasi morfologi yang dikerjakan adalah *opening by reconstruction* (dengan fungsi *strel*, *imopen*, *imerode*, *imreconstruct*).

- **Transformasi Citra**

Dalam tugas ini, citra yang digunakan adalah citra otak normal dan abnormal. Data diperoleh dari internet, kemudian disimpan dalam file jpg dalam format RGB. Data selanjutnya dimanipulasi dan disimpan menggunakan Paint. Hasil akhir pengolahan dengan Paint adalah citra data dengan ukuran yang sama (149x174) dan fokus pada obyek yang ditentukan (otak normal & abnormal). Dengan menggunakan Matlab, bentuk citra tersebut dapat dioperasikan menggunakan operasi dasar aritmatika (penjumlahan, pengurangan, dan perkalian), *indexing*, *logical indexing reshaping*, *reordering*, dan konkatenasi. Struktur data yang dipakai pada Matlab adalah bentuk array, suatu himpunan berurutan data dengan elemen bertipe real atau kompleks. Struktur ini sangat cocok untuk merepresentasikan data citra. Data citra dapat menggambarkan tentang intensitas warna citra. Biasanya Matlab menyimpan data citra dalam bentuk array 2 dimensi (matriks). Setiap elemen matriks berkorespondensi dengan sebuah piksel (*pixel*) pada citra. (*pixel : picture element* ; biasanya dinotasikan dengan sebuah titik pada layar komputer). Sebagai contoh, sebuah citra mempunyai komposisi 200 baris dan 300 kolom (dengan intensitas warna yang berbeda), dalam Matlab disimpan sebagai matriks 200x300. Dengan menyimpan citra dalam bentuk matriks, operasi-operasi pada matriks dapat dikerjakan pada citra tersebut. Intensitas citra berada pada interval tertentu. Matlab menyimpan nilai intensitas tersebut pada sebuah matrik dimana sebuah nilai elemen matrik merepresentasikan sebuah piksel dalam citra.

Sebuah program yang sederhana telah dibuat untuk melakukan transformasi citra, *labelling*, serta ekstraksi daerah yang diteliti. Pada awalnya, program menunggu pengguna untuk memasukkan citra otak normal sebagai citra awal dan kemudian memasukkan kembali citra abnormal yang akan didiagnosa. Kedua citra dikonversi secara otomatis ke dalam bentuk matriks yang dibaca oleh Matlab. Untuk tahap selanjutnya, proses pengolahan citra dikerjakan menggunakan toolbox image processing pada Matlab.

Kedua citra (normal maupun abnormal) yang sudah dimasukkan oleh pengguna, diubah dalam format abu-abu (*grayscale*) dengan perintah *rgb2gray*. Nilai intensitas citra dalam format *grayscale* diteruskan ke format biner dengan perintah *im2bw*. Citra biner ini mempunyai nilai antara 0 dan 1 dimana nilai 0 merepresentasikan warna hitam dan nilai 1 merepresentasikan warna putih. Contoh bentuk otak normal (gambar 1) dan abnormal dapat dilihat pada gambar 4.



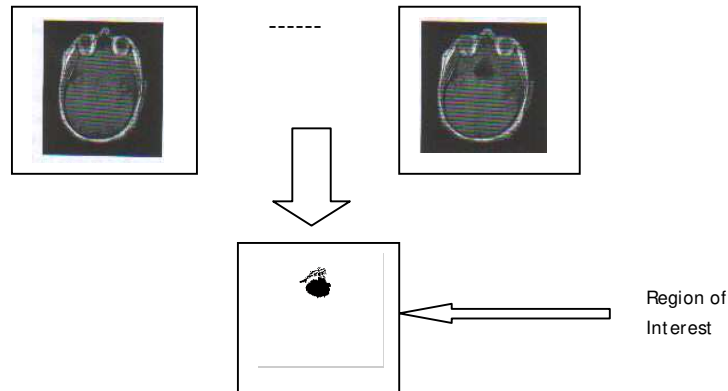
Gambar 4. Contoh Citra Otak Abnormal

Perintah 'bwarea' digunakan untuk mengkonversikan daerah ke citra biner. Daerah yang dimaksud adalah jumlah piksel dalam citra. Perbandingan antara daerah normal dan abnormal dijadikan teknik untuk memastikan bahwa kedua ukuran citra adalah sama.

- **Ekstraksi *Region of Interest (ROI)***

ROI ditentukan dengan cara melakukan operasi pengurangan (*subtract*) citra otak normal dengan citra abnormal. (lihat gambar 5). Untuk menghasilkan ROI, dilakukan proses segmentasi morfologi yang akan memisahkan citra bagian anomali dari otak, ataupun memisahkan citra otak dari latar belakang. Morfologi adalah teknik pengolahan citra digital dengan menggunakan bentuk (*shape*) sebagai pedoman dalam pengolahan. Nilai dari setiap piksel dalam citra digital hasil diperoleh melalui proses perbandingan antara piksel bersesuaian dengan pada citra digital masukan dengan piksel tetangganya. Operasi morfologi tergantung pada urutan kemunculan dari piksel, tidak memperhatikan nilai numerik dari piksel tetangga sehingga teknik morfologi

sesuai apabila digunakan untuk melakukan pengolahan citra biner dan citra keabuan. Dengan mengukur atau memilih ukuran dan bentuk dari matriks kernel (*structuring element*) yang digunakan maka kita dapat mengatur sensitivitas operasi morfologi terhadap bentuk tertentu (spesifik) pada citra digital masukkan. Operasi morfologi standar yang dilakukan adalah proses erosi dan dilatasi. Dilatasi adalah proses penambahan piksel pada batas dari suatu obyek pada citra digital masukkan. Untuk citra grayscale maka nilai hasil operasi (*output pixel*) adalah nilai maksimal yang diperoleh dari himpunan piksel tetangganya. Dalam citra biner, jika ada piksel tetangga yang bernilai 1 maka output piksel akan diset menjadi 1.



Gambar 5. Region of Interest

Erosi adalah proses pemindahan/pengurangan piksel pada batas suatu obyek. Untuk citra *grayscale* maka nilai hasil operasi (*output pixel*) adalah nilai minimal yang diperoleh dari himpunan piksel tetangganya. Dalam citra biner, jika ada piksel tetangga yang bernilai 0 maka *output pixel* akan diset menjadi 0. Jumlah piksel yang ditambahkan atau dihilangkan dari batas obyek pada citra digital masukkan tergantung pada ukuran dan bentuk dari *structuring element* yang digunakan.

Operasi dilasi dan erosi dapat dikombinasikan untuk membentuk suatu filter baru yang spesifik. Dalam pengolahan citra digital menggunakan operasi morfologi dikenal istilah '*opening filter*' dan '*closing filter*'. Dengan mengkombinasikan proses erosi dan dilatasi akan diperoleh efek tertentu yang berguna dalam pengolahan citra digital.

Opening adalah kombinasi proses dimana suatu citra dikenai operasi erosi dilanjutkan dengan dilatasi.

Closing adalah kombinasi dimana suatu citra dikenai operasi dilatasi dilanjutkan dengan erosi.

Proses pendeteksian sisi/edge diatas menggunakan operasi morfologi yang dilakukan dengan mengurangi citra asli dengan citra hasil proses erosi atau mengurangi citra hasil proses dilatasi dengan citra asli atau dengan mengurangi citra hasil proses dilatasi dengan dengan hasil proses erosi. Proses segmentasi dilakukan dengan menumpangkan citra hasil deteksi edge dengan hasil segmentai serta mewarnainya, dapat dilakukan menggunakan metode watershed.

Morphologi watershed adalah salah satu metode dalam segmentasi yang memproses citra berdasarkan tingkat warna abu-abunya. Tujuan segmentasi dengan metode ini adalah membentuk garis watershed (dam) agar diperoleh segmen dengan boundary yang kontinyu. Citra dibentuk seakan-akan menjadi topografi dengan warna yang paling gelap menjadi dasarnya. Sebelum segmentasi dilakukan dibutuhkan juga preprocessing. Ada banyak macam preprocessing yang dapat dilakukan dan obyek yang dihasilkan oleh morphologi watershed untuk sebuah citra berbeda-beda berdasarkan preprocessing yang dilakukan. Segmentasi menggunakan metode watershed menghasilkan image yang lebih baik jika kita dapat mengidentifikasi atau memberi tanda/mark bagian *foreground* dan *background* obyek.

Marker-controlled watershed mengikuti prosedur berikut :

1. Melakukan fungsi segmentasi, yaitu melakukan obyek segmentasi pada daerah gelap citra.
2. Melakukan *foreground marker*, menghubungkan setiap blobs piksel obyek

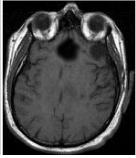

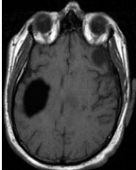

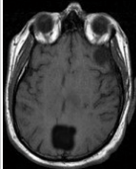

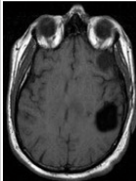

3. Melakukan *background marker* , piksel yang tidak menjadi bagian piksel obyek.
4. Memodifikasi fungsi segmentasi sehingga meminimalkan lokasi marker daerah *foreground* dan *background*
5. Melakukan segmentasi *watershed transform*.

Segmentasi yang digunakan adalah watershed dengan *structuring kernel* disk filter. Fungsi yang digunakan adalah *fspecial*, dan *imfilter*. Hasil segmentasi ini dapat digunakan untuk menghitung luas area otak normal maupun area tumor, menggunakan *bwarea*. Cara untuk mengukur tumor adalah membandingkan jumlah piksel tumor dibandingkan dengan jumlah piksel otak normal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem telah diujicoba pada berbagai posisi berbeda. Berikut hasil uji coba deteksi dan identifikasi ukuran citra abnormal.

Tabel 1. Hasil Uji Coba

No	Citra abnormal	Deteksi	Ukuran
1			z1 = 810.500 z = 4,26% Ukuran kecil
2			z1 = 902.750 z = 4,74% Ukuran kecil
3			z1 = 691.875 z = 3,63% Ukuran kecil
4			z1 = 619.375 z = 3,25% Ukuran kecil

Z1= jml piksel ;Z = prosentase ukuran

5. KESIMPULAN

- a. Sistem yang dibuat mampu untuk mendeteksi dan mengidentifikasi ukuran citra abnormal dengan baik.
- b. Perlu dikembangkan sistem untuk mengetahui volume tumor
- c. Output perlu divalidasi dengan pakar (radiologist)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariffanan Mohd, Medical Image Classification And Sysptoms Detection Using Neuro Fuzzy, 2008, Univerisiti Teknologi Malaysia.
- [2] Gonzales, RC., Woods, RE.,2008, Digital Image Processing 3'rd edition, Prentice Hall.
- [3] Gonzales, RC., Woods, RE., 2004, Digital Image Processing Using MATlab, Prentice Hall.

- [4] Kononnenko, I., 2001, "Machine Learning for medical diagnosis: history, state of the art and perspective", Artificial Intelligence in Medicine.
- [5] Land, Jr, W.H and Lo,J.J.Y,and Velazquez, R,2002, "Using evolution programming to configure support vector machine for the diagnosis of breast cancer", In Dagli, C.H, et al (Eds) Intelligent Engineering Systems through artificial neural network ANNIE'2002, Smart engineering System Design , ASME Press, New York.
- [6] Nakamoto, T, et al,2007, *A computer-aided system system to screen for osteoporosis using dental panoramic radiographs*", Dentomaxillofacial Radiology : British Institute of Radiology.
- [7] Nauck,D. and Kruse,R., 1999, "Obtaining interpretable fuzzy classification rules from medical data", Artificial intelligence in medicine 16:149-169.
- [8] Rao KNRM, "Appllication of mathematical morphology to biomedical image processing", 2004, University Westminster.
- [9] Setiono, R., 2000, "Generating concise and accurate classification rules for breast cancer diagnosis ", Artificial Intelligence in Medicine 18:205-219.
- [10] Mike, Susmikanti, 2010, Proceeding: Pengenalan Pola Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Analisis CT Scan Tumor Beligna, SNATI 2010, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- [11] Sutoyo dkk, 2009, Teori Pengolahan Citra Digital, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [12] The MathWorks Inc., Image Processing Toolbox 7 User's Guide, Natick MA.
- [13] West,D and West , V., 2000, "Model Selection for a Medical Diagnotic Decision Support System a breast cancer diagnosis case", Artificial Intelligent in Medicine.
- [14]Duda RO, Hart PE, Stork DG. 2001. *Pattern Classification 2nd*. USA : John Wiley & Sons, Inc.
- [15] Pitas I. 1993. *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice Hall International (UK) Ltd.
- [16] Nazzrul Efendi, Rizqy Imanto, Ayodya PT, 2001, "Deteksi Pornografi dalam Citra Digital menggunakan Pengolahan Citra dan JST", Jurusan Teknik Fisika, UGM, diakses tgl 13 mei 2011
- [17] Kanda Irawan, 2011, "Deteksi Manusia menggunakan Webcam pada Aplikasi Berbasis Kecerdasan Buatan", Fasilkom, Unikom, diakses 12 mei 2011
- [18] Yu-qian, Zhao, etc,2005, "Medical Images Edge Detection Based on Mathematical Morphology", Proceedings : IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference Shanghai, China, September 1-4, 2005
- [19] Sercic, Damir and Loncaric, Sven., "Enhancement of Mammographics Images for Detection of Microcalcifications", Department of Electronic Systems and Information Processing, Faculty of Electrical Engineering and Computing,University of Zagreb, Croatia
- [20] Mohamed, Aamer .S.S., etc; "Face Detection based on Skin Color in Image by Neural Networks", School of Informatics, University of Bradford, UK