

IDENTIFIKASI KEBERADAAN KANKER PADA CITRA MAMMOGRAFI MENGGUNAKAN METODE WAVELET HAAR

Dane Kurnia Putra, Imam Santoso*, Ajub Ajulian Zahra

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, S.H., Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia
E-mail: *immstso@gmail.com

Abstract. Breast cancer is the most common kind of cancer suffered by women. Mammography has been a common method for early detection of breast cancer. Recently mammograms are examined manually, so it demands good knowledge, intuition, and experience in this particular field. In many cases the breast normal tissue can hide malignant so that it can't be seen on the mammogram.

With image processing tissue into mammogram image can be effected to know location. Much methods are used in digital image processing. Method used in this final task is texture analysis. Based on that method, this simulation program is made for identification tissue into mammogram image using wavelet Haar method. Data about mammogram image any 42 image are get from Telogorejo Hospital Semarang. This program simulation is started with reading image processing and then continued to ROI (region of interest) process, in image from ROI used image enhancement quality with median filter to stretch the contrast, after that texture analysis is used to get coefficient from that image. The classification is started with the decomposition process to obtain the wavelet coefficients which then counted the energy and entropy values of each images and then incorporated to database. The next process is comparing the energy and entropy between images which will be classified with the images on the database. The final step is to find Euclidean distance to show that the tested images is one of the class on the database.

From the 42 sample observed, the testing result image after ROI and enhancement show that it has recognition rate 86% and testing result without image enhancement show recognition rate at 50%. The observed with using image enhancement and wavelet Haar from 14 normally image, 13 image can identified, from 20 masses image, 15 can identified, from 8 microclassification image, 7 can identified. The observed without image enhancement and wavelet Haar is using 10 image analyzed by doctor. from 2 normally image, 1 image can identified, from 6 masses image, 2 can identified, from 2 microclassification image, 2 can be identified as microclassification.

Keywords: breast cancer, wavelet Haar, decomposition, energy, Euclidean.

Pencitraan medis berhubungan dengan teknik dan proses untuk membuat citra dari tubuh manusia untuk keperluan medis menemukan, memeriksa atau mendiagnosis penyakit. Dalam konteks yang sempit, pencitraan medis sering kali disamakan dengan radiologi. Salah satu bagian dari radiologi adalah mamografi, yang mempelajari mengenai proses pencitraan payudara secara radiologi (radiasi sinar X), serta pemeriksaan citra tersebut (mammogram) oleh ahli kanker untuk diagnosis kanker payudara.

Analisis terhadap citra hasil sinar-X ini masih dilakukan secara manual oleh dokter atau radiologis, sehingga membutuhkan keahlian dan pengalaman. Dengan demikian metode diagnosis yang cepat diperlukan dengan tujuan meningkatkan kehandalan dalam mengenali area citra yang dicurigai berpotensi kanker. Berbagai metode berbasis komputer telah diperkenalkan untuk membantu kinerja radiologis. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan yaitu dengan membuat suatu program aplikasi yang mampu melakukan klasifikasi potongan citra

mammogram yang dalam kategori berpotensi kanker dengan indikasi terdapat massa tumor atau terdapat mikrokalsifikasi, serta kategori normal, hal lain yang diamati adalah meneliti tingkat pengenalan perangkat lunak terhadap citra potongan mammogram dengan cara melakukan pengujian dan analisis terhadap *wavelet* Haar.

ANALISIS TEKSTUR

Salah satu teknik dalam pengolahan citra digital adalah analisis tekstur. Teknik ini berkaitan dengan pengolahan parameter tekstur pada citra digital. Meskipun tidak ada definisi tekstur secara matematis yang dapat diterima, dapat dikatakan tekstur merupakan pola berulang dari hubungan (distribusi) spasial dari derajat keabuan pada piksel-piksel yang bertetangga^[8]. Pola yang dimaksud seperti bentuk, kedalaman, warna, kecerahan dan sebagainya. Tekstur dapat diamati dalam bentuk pola terstruktur pada permukaan suatu benda seperti kayu, kain, tanah, pasir, padang rumput, hutan, air, dan lain-lain. Tekstur alami umumnya mempunyai pola acak, sedangkan tekstur buatan seringkali berpola deterministik atau periodik, seperti kertas, logam, kaca, plastik.

Dalam medis sendiri dikenal istilah mammografi. Mammografi merupakan salah satu cara pemeriksaan payudara dengan menggunakan sinar-x. Melalui mammografi, jaringan payudara terlihat putih dan jaringan lemak tampak hitam. Penampakan kanker payudara yang paling lazim pada mammografi yakni adanya bagian yang berbentuk bintang (*spikulata*) yang bisa jadi memiliki beberapa kepingan (*mikrokalsifikasi*, proses pengerasan menjadi kapur-kapur kecil) sehingga tampak seperti bintik-bintik putih. Melalui citra mammografi inilah nantinya akan di analisis teksturnya apakah tergolong kedalam massa atau mikrokalsifikasi.

Manusia memandang tekstur herdasarkan deskripsi yang bersifat abstrak, seperti halus, teratur, tidak teratur, berurat, berbintik, kasar, dan sebagainya. Hal ini merupakan deskripsi yang tidak tepat dan non-kuantitatif, sehingga diupayakan pendekatan deskripsi suatu tekstur yang lebih kuantitatif (matematis) untuk memudahkan analisis tekstur suatu citra.

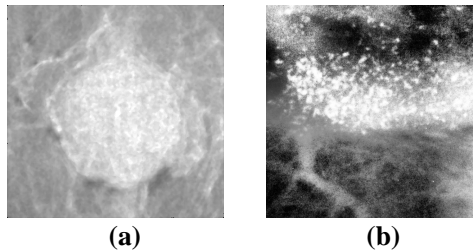
Dengan kata lain dilakukan pengukuran tekstur untuk memperoleh ciri suatu tekstur.

Kanker Payudara

Kanker payudara merupakan jenis kanker yang paling umum diderita oleh wanita saat ini. Penyakit ini terjadi dimana sel-sel tidak normal (kanker) terbentuk pada jaringan payudara. Sekitar 1 dari 9 wanita bisa diperkirakan mengidap kanker payudara dimasa hidupnya. Terdapat sekitar 41.000 kasus kanker payudara yang terdiagnosa pada wanita setiap tahunnya.

Dengan mammografi, kanker payudara dikenali dengan keberadaan lesi massa atau biasa disebut massa, atau keberadaan mikrokalsifikasi.

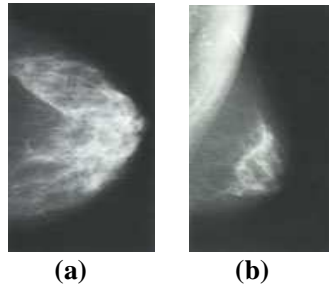
- 1) **Massa.** Sebuah 'massa' adalah area terdapatnya pola tekstur dengan bentuk serta batas area tertentu pada proyeksi foto mammografi. Biasanya massa tampak dari dua proyeksi foto mammografi yang berbeda. Pada sebuah proyeksi mammogram saja, massa sering kali sulit dibedakan dari jaringan padat (*fibroglandular*) jika bentuk dan batas areanya tidak tampak jelas.
- 2) **Mikrokalsifikasi.** Ciri lainnya dari kanker adalah keberadaan mikrokalsifikasi. Mikrokalsifikasi berbentuk seperti noda berukuran kecil dan terkadang berupa titik-titik, terdapat di dalam lobula atau ductal. Bentuknya terkadang lingkaran maupun titik-titik yang seragam.



Gambar 1. (a) potongan citra massa. (b) potongan citra mikrokalsifikasi (citra reproduksi atas izin Unit Radiologi R.S. Telogorejo, Semarang)

Mammografi

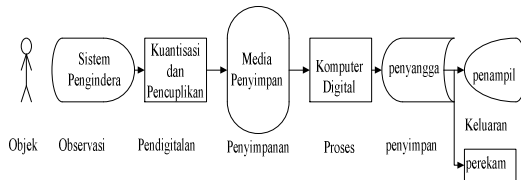
Mammografi adalah pemeriksaan radiologi khusus menggunakan sinar-X dosis rendah untuk mendeteksi kelainan pada payudara, bahkan sebelum adanya gejala yang terlihat pada payudara seperti benjolan yang dapat dirasakan.



Gambar 2. Citra Mammogram (a) posisi *cranio-caudal*, (b) posisi *medio-lateral oblique* (citra reproduksi atas izin Unit Radiologi R.S. Telogorejo, Sema rang)

PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

Citra digital merupakan suatu matriks yang elemen-elemennya menyatakan tingkat keabuan dari elemen gambar. Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih baik. Pengolahan citra merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual (intuitif).



Gambar 3. Diagram pengolahan citra digital

Perbaikan Kualitas Citra

Perbaikan kualitas citra adalah proses mendapatkan citra yang lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia. Pada proses ini, ciri-ciri tertentu yang terdapat di dalam citra diperjelas kemunculannya.

Pengurangan Derau

Pada citra pengolahan citra digital mammografi sering dijumpai derau berupa *salt and pepper*, untuk mengurangi derau pada citra jenis ini sering digunakan tapis median.

Perbaikan Kontras

Citra radiografi biasanya memiliki kontras rendah sehingga menyebabkan kesulitan pada proses pengolahannya. Pengelompokkan citra ke dalam kategori kontras tinggi, kontras bagus dan kontras rendah bersifat intuitif. Teknik yang sering digunakan untuk memperbaiki kontras pada citra radiografi diantaranya peregangan

kontras (*contrast stretching*) dan perataan histogram (*histogram equalization*).

WAVELET

Wavelet adalah salah satu fungsi yang memenuhi persyaratan matematika tertentu yang mampu melakukan dekomposisi terhadap sebuah fungsi. *Wavelet* dapat digunakan untuk menggambarkan sebuah model atau gambar asli berupa citra, kurva atau sebuah bidang ke dalam fungsi matematis. *Wavelet* telah banyak diterapkan dalam berbagai macam bidang, salah satunya adalah pengolahan citra. Transformasi *wavelet* merupakan sebuah fungsi konversi yang dapat membagi fungsi atau sinyal ke dalam komponen frekuensi atau skala yang berbeda dan selanjutnya dapat dipelajari setiap komponen tersebut dengan resolusi tertentu sesuai dengan skalanya.

Wavelet merupakan sebuah basis. Basis *wavelet* berasal dari sebuah fungsi penskalaan atau dikatakan juga sebuah *scaling function*. *Scaling function* memiliki sifat yaitu dapat disusun dari sejumlah salinan yang telah didilasi, ditranslasi dan diskala. Fungsi ini diturunkan dari persamaan dilasi (*dilation equation*), yang dianggap sebagai dasar dari teori *wavelet*.

Persamaan dilasi sebagai berikut.

$$\phi(x) = \sum c_k \phi(2x - k) \quad (1)$$

dari persamaan *scaling function* ini dapat dibentuk persamaan *wavelet* yang pertama (atau disebut juga *mother wavelet*), dengan bentuk sebagai berikut.

$$\psi^0(x) = \sum_k (-1)^k c_{1-k} \phi(2x - k) \quad (2)$$

Dari *mother wavelet* ini kemudian dapat dibentuk *wavelet-wavelet* berikutnya (ψ^1 , ψ^2 dan seterusnya) dengan cara mendilasikan (memampatkan atau meregangkan) dan menggeser *mother wavelet*.

Dekomposisi Citra

Alihragam *wavelet* terhadap citra adalah menapis citra dengan tapis *wavelet*. Hasil dari penapisan ini adalah 4 subbidang citra dari citra asal, keempat subbidang citra ini berada dalam kawasan *wavelet*. Keempat subbidang citra ini adalah pelewat rendah-pelewat rendah (LL), pelewat rendah-pelewat tinggi (LH), pelewat tinggi-pelewat rendah (HL), dan pelewat tinggi-pelewat tinggi (HH). Proses ini disebut dekomposisi, dekomposisi dapat dilanjutkan kembali dengan citra pelewat rendah-pelewat

rendah (LL) sebagai masukannya untuk mendapatkan tahap dekomposisi selanjutnya.

LL2	LH2	LH1
HL2	HH2	
HL1		HH1

Gambar 4. Subcitra pada dekomposisi 2 kali.

Energi

Ciri-ciri citra hasil dekomposisi citra dapat diperoleh dengan menghitung energi yang terkandung pada setiap *subband*. Pada setiap skala, suatu citra dibagi menjadi 4 *subband*. .

d_2^{LL}	d_2^{HL}	d_1^{HL}
d_2^{LH}	d_2^{HH}	
d_1^{LH}		d_1^{HH}

Gambar 5. Citra *Subband*

Energi setiap *subband* dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$e(x) = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x(m,n) \quad (3)$$

dengan $1 \leq m \leq M$ dan $1 \leq n \leq N$, maka energi e adalah rata-rata (*mean*) dari x.

Jarak Euclidean

Euclidean merupakan metode statistika yang digunakan untuk mencari jarak terendah antara beberapa nilai pada kelas parameter.

$$D_i = \sum_{j=0}^{N-1} (x_j - z_{i,j})^2 \quad (4)$$

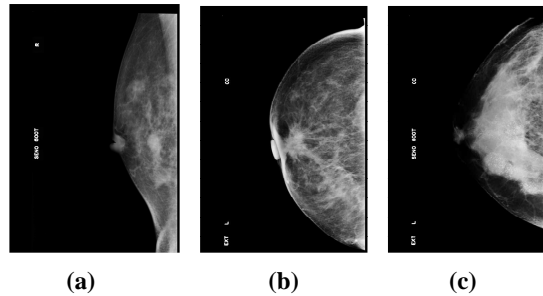
Dengan D_i = jarak terhadap tekstur i yang terkecil pada basis-data, x_j = energi dari tekstur yang diklasifikasikan, dan z_2 = energi dari tekstur yang terdapat pada basis- data.

PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Proses dimulai dengan pembacaan citra, penentuan ROI, Proses perbaikan citra ROI, dekomposisi wavelet, perhitungan energi kemudian mengambil data energi yang ada didalam basisdata. Selanjutnya dilakukan perhitungan jarak menggunakan rumus jarak euclidean yang merupakan selisih antara energi data uji dengan energi pada basis data. Langkah selanjutnya adalah proses identifikasi.

Pembacaan Citra Yang Akan Diolah

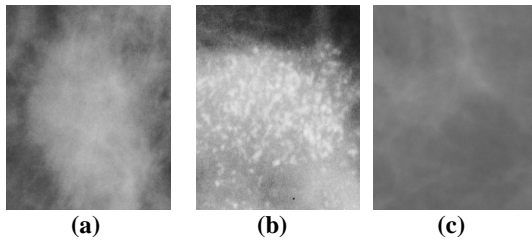
Citra digital diperoleh dari mammogram hasil foto sinar-X perangkat mammografi di RS Telogorejo, Semarang. Citra analog yang dihasilkan kemudian di-scan dan disimpan dalam format DICOM yang kemudian diubah ke format *.jpg tanpa pemampatan. Dengan demikian citra yang didapat sudah dalam bentuk berkas tanpa perlu dilakukan pemayaran (*scanning*) lebih lanjut, dengan ukuran citra yang relatif besar.



Gambar 6. Citra-citra mammogram asli ukuran 3584x4784 (a) mammogram terdiagnosis terdapat massa tumor (b) mammogram terdiagnosis terdapat massa tumor (c) mammogram terdiagnosis terdapat mikrokalsifikasi (Citra pemberian Unit Radiologi RS Telogorejo Semarang)

Penentuan *Region of Interest* (ROI)

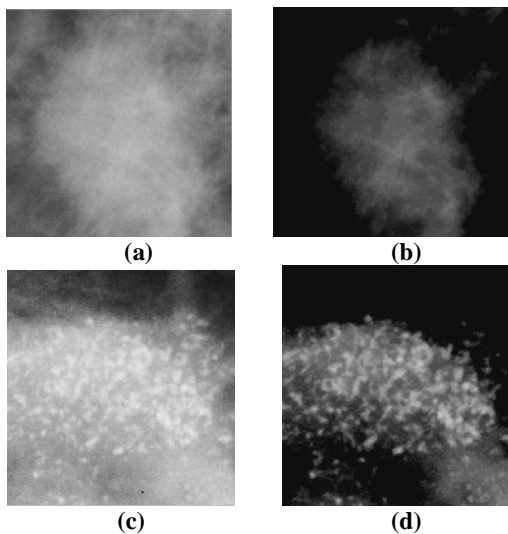
Penentuan ROI dilakukan untuk mengurangi ukuran citra yang akan diproses sehingga waktu perhitungan menjadi lebih cepat. Penentuan ROI dilakukan dengan memilih serta mencuplik (*cropping*) area yang diinginkan atau dicurigai terdapat massa atau mikrokalsifikasi. Pada program ini area *cropping* 400x400 piksel.



Gambar 7. ROI berukuran 400x400 piksel (a) ROI terdapatnya massa tumor (b) ROI terdapat mikrokalsifikasi (c) ROI normal (Citra reproduksi atas izin Unit Radiologi RS Telogorejo, Semarang)

Proses Perbaikan Citra ROI

Suatu objek dapat dengan mudah dideteksi pada suatu citra jika objek cukup kontras dari latar belakangnya. Citra mammogram memiliki kontras yang rendah sehingga cukup sulit dianalisis. Citra yang sulit untuk dianalisis perlu diubah menjadi citra baru yang lebih mudah diproses, hal ini dilakukan dengan proses perbaikan citra.



Gambar 8. Pra-pengolahan (a) ROI terdapat massa tumor (b) ROI terdapat massa tumor setelah pra-pengolahan (c) ROI terdapat mikro kalsifikasi (d) ROI terdapat mikro kalsifikasi setelah pra-pengolahan (Citra reproduksi atas izin Unit Radiologi RS Telogorejo Semarang)

Dekomposisi Wavelet

Proses ini berfungsi untuk mende komposisi citra basis data dan citra uji untuk mencari koefisien dari setiap *node*.

Perhitungan Energi

Perhitungan energi berfungsi untuk menghitung energi yang dihasilkan setiap *node* dari *wavelet* yang merupakan koefisien masukan perhitungan jarak.

Perhitungan Jarak

Nilai energi pada rentang jarak yang terkecil antara basis-data dengan data uji akan dikenali atau cocok dengan citra yang dimaksud. Sedangkan jarak nilai energi yang terlampaui jauh antara data uji dan basis-data membuat citra tersebut susah dikenali sebagai citra yang dimaksud. Sehingga citra tersebut akan dikenali sebagai citra lain yang memiliki nilai jarak energi yang terkecil.

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini dibahas pengujian dan analisis algoritma dari identifikasi keberadaan kanker pada citra mammografi dengan menggunakan metode *wavelet* Haar. Citra latih yang digunakan pada klasifikasi tekstur ini terdiri dari potongan bagian dari citra mammogram digital asli yang diperoleh dari Unit Radiologi RS Telogorejo Semarang, serta potongan bagian mammogram yang diambil dari ACR-BIRADS *database*^[2]. Citra latih berjumlah keseluruhan sebanyak 105 citra yang terbagi dalam 3 kelompok, yaitu kelompok massa, mikrokalsifikasi, dan normal, masing-masing berjumlah 35 citra berukuran 400x400 dengan format file *.bmp*.

Pengujian Data Latih

Dari Pengujian, didapatkan nilai rata-rata untuk setiap energi dari citra latih.

Tabel 1. Nilai rata-rata energi data latih

Kelompok Citra	Nilai energi rata-rata basis data
massa	4.058
mikroklasifikasi	4.308
normal	3.580

Nilai energi rerata tertinggi yaitu 4308.2647, sedangkan energi rata-rata terkecil yaitu 3580.5374. nilai energi tertinggi menunjukkan citra dengan variasi (*texel*) berwarna putih lebih dominan, sedangkan nilai energi terkecil mempunyai warna hitam lebih dominan.

Pengujian Data Uji

Klasifikasi dilakukan terhadap citra uji dan didapatkan hasil.

Tabel 2. Hasil klasifikasi citra uji dengan perbaikan kualitas citra

kelompok citra	jumlah kesalahan	jumlah sampel uji
massa	5	20
mikroklasifikasi	1	8
normal	1	14
jumlah	7	42

Berdasarkan tabel 3.2 maka dapat dianalisis sebagai berikut, Percobaan dengan perbaikan kualitas dilakukan dengan menggunakan 42 citra uji. Dari 42 citra uji yang diujikan mampu mengenali 35 citra.

Tabel 3. Hasil klasifikasi citra uji tanpa perbaikan kualitas citra

kelompok citra	jumlah kesalahan	jumlah sampel uji
massa	4	6
mikroklasifikasi	0	2
normal	1	2
jumlah	5	10

Berdasarkan tabel 3.3 maka dapat dianalisis sebagai berikut, Percobaan tanpa perbaikan kualitas dilakukan dengan menggunakan 10 citra uji. Dari 10 citra uji yang diujikan mengenali 5 citra

Rasio pengenalan untuk hasil klasifikasi citra uji dengan menggunakan perbaikan kualitas citra adalah 86%, dengan rasio kesalahan 14%. Rasio pengenalan untuk hasil klasifikasi citra uji tanpa menggunakan perbaikan kualitas citra adalah 50%, dengan rasio kesalahan 50%.

Berdasarkan hasil percobaan yang ditabelkan pada tabel 1,2, dan 3, maka dapat dibuat analisis.

1) Mammogram dapat dikategorikan citra dengan kontras rendah, karena perbedaan intensitas antar piksel-piksel yang bertetangga relatif kecil. Faktor ini merupakan penyebab cukup tingginya tingkat kesalahan pada pengolahan citra mammogram baik identifikasi maupun klasifikasi. Sering kali cukup sulit untuk mendeteksi terdapatnya massa tumor maupun mikrokalsifikasi karena kekontrasan yang sering kali serupa dengan jaringan normal.

- 2) Proses *cropping* sangat mempengaruhi hasil identifikasi mammogram. Hal ini dikarenakan jaringan otot payudara memiliki perbedaannya yang sangat tipis antara jaringan normal dengan jaringan sel kanker. Oleh sebab itu, *cropping* mempengaruhi nilai energi yang dihasilkan. Apabila tidak tepat dalam melakukan *cropping* maka akan menghasilkan kesalahan diagnosis, sehingga dibutuhkan ketepatan dan ketelitian dalam melakukan *cropping*.
- 3) Nilai energi pada rentang jarak yang terkecil antara basis-data dengan data uji akan dikenali atau cocok dengan citra yang dimaksud. Sedangkan jarak nilai energi yang terlampaui jauh antara data uji dan basis-data membuat citra tersebut susah dikenali sebagai citra yang dimaksud. Sehingga citra tersebut akan dikenali sebagai citra lain yang memiliki nilai jarak energi yang terkecil.
- 4) Pada umumnya dengan semakin besarnya daerah pencarian ciri citra latih yang terdekat dengan sampel uji, maka tingkat kesalahan akan meningkat. Hal ini tidak muncul pada hasil pengujian disebabkan untuk menekan tingkat kesalahan saat semakin besarnya daerah pencarian, variasi nilai energi sebagai acuan klasifikasi untuk tiap kategori diperbanyak jumlahnya yaitu dengan menggunakan jumlah citra latih yang besar. Citra latih berjumlah 105 citra masing-masing 35 ROI terdapat massa tumor, 35 ROI terdapat mikrokalsifikasi dan 35 ROI normal. Klasifikasi akan semakin baik dengan jumlah data latih yang semakin besar.

PENUTUP

Dari hasil pengujian dan analisis maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut : Nilai rata-rata ekstraksi ciri menggunakan *wavelet* Haar untuk citra massa adalah 4058.8325. untuk citra mikroklasifikasi adalah 4308.2647. untuk citra normal adalah 3580.5374.

Percobaan dengan perbaikan kualitas dilakukan dengan menggunakan 42 citra uji. Dari 42 citra uji yang diujikan mampu mengenali 35 citra. Percobaan tanpa perbaikan kualitas dilakukan dengan menggunakan 10 citra uji. Dari 10 citra uji yang diujikan mengenali 5 citra.

Dari gambar citra mammografi yang telah melalui proses ROI dan perbaikan kualitas dengan menggunakan *wavelet* Haar mampu mengenali sebesar 86%, dengan rasio kesalahan 14%. Dari gambar citra mammografi yang telah melalui

proses ROI tanpa perbaikan kualitas dengan menggunakan *wavelet* Haar mampu mengenali sebesar 50%.

Perlu dilakukan penelitian terhadap jenis *wavelet* yang lain selain dari *wavelet* yang telah diujikan dengan menambah ciri tekstur kemudian dibandingkan untuk memperoleh jenis *wavelet* yang paling optimal.

Selain itu penelitian terhadap topik yang sama, tetapi dengan metode analisis tekstur yang lain seperti metode *fractal*, metode autokorelasi dan metode *Law*, kemudian dibandingkan untuk memperoleh keberhasilan proses klasifikasi yang terbaik.

DAFTAR RUJUKAN

- Timp, Sheila., *Analysis of Temporal Mammogram Pairs to Detect and Characterize Mass Lesions*, Groningen, 2006.
http://webdoc.ubn.ru.nl/mono/t/timp_s
- Members of various committees of the American College of Radiology with coop. from the National Cancer Institute, *The American College of Radiology (ACR) Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS®) Tutorial*, <http://www.birads.at>
- Breastcancer.org Team, Topic: *Breast Cancer and Mammography*, 2008.
www.breastcancer.org
- Healthwise–National Cancer Institute, Breast cancer: Treatment-Patient Information [NCI PDQ], <http://health.yahoo.com/breastcancer-treatment/breast-cancer-treatment-patient-information-nci-pdq/healthwise--ncicdr0000062955.html>
- The MathWorks. Inc , *Image Processing Toolbox 5.1*, Matlab 7.1 SP3
- McGill., Molson., *Interactive Mammography Analysis Web Tutorial*,
<http://sprojects.mmi.mcgill.ca/Mammography/>
- Munir, R., *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Informatika, Bandung, 2004.
- R. Listyaningrum, *Analisis Tekstur Menggunakan Metode Transformasi Paket Wavelet*, Skripsi S1, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2007.
- J. Lincoln–Wilensky, *Kanker Payudara Diagnosis dan Solusinya*, Prestasi Pustaka vol 1, 2007.
- Anonim, *Wavelet decomposition*,
<http://www.cs.ui.ac.id>, November 2008.
- Anonim, *Features Based Image Processing*, <http://www.google.com>, Maret 2009.
- Anonim, *Kanker Payudara*,
<http://id.wikipedia.org>, November 2008.
- A. Eko Putra, *Analisis Sinyal Non-Stasioner Menggunakan Wavelet dan Metode Dekorlet*, Thesis, Univ. Gadjahmada, Yogyakarta, 2006.