

## PERBANDINGAN METODE UNTUK PERBAIKAN KUALITAS CITRA MAMMOGRAM

**Hanifah Rahmi Fajrin**

Program Studi Teknik Elektromedik,  
Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Email: hanifahfajrin@gmail.com

### ABSTRAK

Kanker payudara merupakan pembunuh nomor satu pada wanita di seluruh dunia. Sejauh ini, deteksi dari kanker payudara hanya menggunakan mata telanjang dan berdasarkan jam terbang (pengalaman) dari dokter dan radiologis. Terdapat beberapa kelemahan dalam menganalisis *mammogram* payudara guna mendeteksi keberadaan kanker payudara. Hal ini bisa diakibatkan oleh sel kanker yang tertutup oleh *noise*, kontras citra yang rendah dan faktor manusiawi lainnya seperti : kelelahan, *mood*, dan lainnya. Untuk meminimalisir hal tersebut dibutuhkan suatu metode yang dapat membantu dokter dalam menganalisis citra *mammogram* payudara. Pada penelitian ini, dilakukan suatu proses yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas *mammogram* agar lebih memudahkan dokter dalam mendiagnosis kelainan pada payudara. Citra yang diolah merupakan citra *mammogram* yang tidak dipangkas dan tidak disegmentasi pada bagian *Region of Interest* (ROI), melainkan keseluruhan citra payudara setelah dihilangkan *background* yang berlebihan. Tahapan pada proses peningkatan kualitas citra *mammogram* ini (pra pengolahan) terdiri dari : menghilangkan label atau artifak yang ditemukan pada *mammogram*, meng-*crop* citra pada bagian payudara saja (menghilangkan *background*), memperbaiki kontras citra dengan membandingkan beberapa metode yaitu: CLAHE, *Non Subsampled Contourlet Transform* (NSCT), *Contras Stretching* (CS) dan selanjutnya dilakukan *smoothing* dengan menggunakan *filter* median. Kinerja dari setiap metode dihitung dengan mencari nilai *Mean Square Error* (MSE) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) citra. Dari nilai MSE dan PSNR yang didapatkan, ditemukan nilai MSE dan PSNR terbaik pada metode NSCT dengan nilai 50.20878 db 31.75332 db.

**Kata kunci:** CLAHE, NSCT, CS, median filter.

### ABSTRACT

*Breast cancer is the number one killer of women in the world. So far, detection of breast cancer only using bare eyes and hours flying time from the radiologist. There are several weaknesses in using mammogram image analysis. In some cases it is difficult to distinguish mammogram images that are enclosed by noise and has low image contrast with bare eyes, beside that human factor such as fatigue, mood, ect also take account in make it worse. To overcome this condition, a method that can help physicians in diagnosing breast skirining results more accurately is needed. In this study, the whole image of breast is examined without cropping the region of interest (ROI) and without ROI segmentation. Stages of the study is consists of a pre-processing, such as the removal of labels or artifacts found on mammogram images, cropping the image in the breast, contrast enhancement by comparing several methods, namely; CLAHE, Non subsampled Contourlet Transform (NSCT), Contras Stretching (CS), filtering and smoothing with a median filter. The performance of each method is calculated by the value of MSE and PSNR. From the MSE and PSNR obtained the best performance at a non subsampled contourlet transform (NSCT) with MSE and PSNR values 50.20878 db 31.75332 db.*

**Keywords:** CLAHE, NSCT, CS, median filter.

### 1. PENDAHULUAN

Kanker adalah suatu penyakit dimana terjadi pertumbuhan berlebihan atau perkembangan tidak terkontrol dari sel-sel jaringan pada bagian tubuh tertentu. Kanker payudara merupakan jenis kanker yang sering ditemukan pada wanita. Menurut WHO pada tahun 2008 ada sekitar 1,38 juta kasus terbaru dan 458.000 wanita meninggal tiap tahunnya diakibatkan oleh kanker payudara, lebih dari setengahnya, yaitu sekitar 269.000 terdapat di Negara berkembang dengan angka pendapatan perkapita yang rendah [1]. Sedangkan di Indonesia menurut profil kesehatan Departemen Kesehatan Republik Indonesia Tahun 2012 kanker tertinggi yang diderita wanita Indonesia adalah kanker payudara dengan angka kejadian 2,2

% dari 1000 perempuan. Jika hal ini tidak bisa terkendali, maka diperkirakan pada tahun 2030 akan ada 26 juta orang menderita kanker payudara dan 17 juta meninggal dunia [1].

Umumnya dokter hanya mengandalkan kemampuan penglihatan dalam menganalisis sebuah *mammogram* untuk menentukan seorang terdapat kanker payudara atau tidak. Namun dengan cara tersebut terdapat kelemahan dalam menganalisis citra *mammogram* karena ada beberapa kasus yang sulit dibedakan dengan mata telanjang. Kondisi tersebut menyebabkan dibutuhkan sebuah metode yang mampu membantu dokter dalam diagnosis hasil skrining kanker payudara yang dengan metode itu dokter bisa membuat analisis terhadap citra payudara secara lebih tepat dan juga mendapat masukan dari metode sebagai *second opinion* dalam melakukan diagnosis [3].

Biasanya citra *mammogram* memiliki keterbatasan kualitas, seperti *noise* yang ditimbulkan pada saat skrining, kekontrasan rendah sehingga menyulitkan pengamatan dengan menggunakan mata telanjang [3]. Hal ini merupakan hambatan yang harus diperhitungkan, karena sulit menentukan batas-batas luar dari sel-sel yang terinfeksi. Untuk itu diperlukan adanya pengolahan citra dengan menggunakan *computer aid detection* (CAD). Pada citra *mammogram* payudara, komputer dapat mengenali karakteristik ketidaknormalan (jinak dan ganas) dari ketidaknormalan struktur dalam citra seperti massa payudara, ada tidaknya mikrokalsifikasi, batas benjolan, dan sebaran jaringan. Pada aplikasi CAD, pengolahan citra *mammogram* memungkinkan citra dimanipulasi dengan menggunakan berbagai teknik sehingga kualitas citra semakin baik dan dapat meningkatkan unjuk kerja diagnosis.

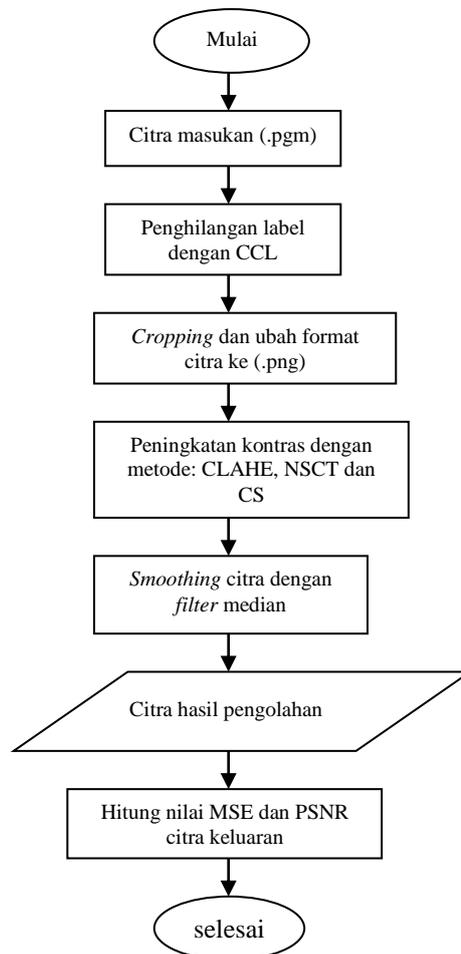
Tahap peningkatan kualitas citra merupakan tahap awal (pra pengolahan) dari modul CAD yang memiliki peran penting, sebelum masuk ke tahap pengolahan citra atau modul berikutnya (ekstraksi ciri dan klasifikasi). Citra yang ditingkatkan kualitasnya menjadi lebih baik secara kuantitatif, terlebih lagi secara kualitatif dapat menjadi *second opinion* yang cukup membantu pakar dalam diagnosis citra *mammogram*. Dalam perbaikan kualitas citra radiografi, salah satu hal yang menjadi perhatian utama adalah perbaikan kontras citra. Kontras citra yang optimal menghasilkan citra yang jelas secara keseluruhan, selain kontras, reduksi derau juga sangat mempengaruhi kualitas citra [4].

Penelitian untuk meningkatkan kualitas citra dengan bantuan komputer untuk mendiagnosis kanker payudara ini juga telah banyak dilakukan, di antaranya yaitu : penelitian yang dilakukan oleh munoz, dkk [4]. Pada penelitiannya, *Nonsubsampling Contourlet Transform* (NSCT) digunakan untuk proses peningkatan kontras citra *mammogram*. Disini koefisien NSCT dimanipulasi dengan koefisien non linier. Penelitian lainnya yaitu oleh M. Sundaram, dkk [5], melakukan perbandingan terhadap berbagai macam teknik perbaikan kontras di antaranya *histogram equalization* (HE), CLAHE, *Unsharp masking filter* dan *histogram modified local contrast enhancement* (HMLCE). Dari penelitiannya disimpulkan bahwa CLAHE merupakan metode yang baik untuk perbaikan kontras. Pada penelitian yang dilakukan oleh Boss, dkk [6], peneliti menggunakan metode *Contrast Stretching* (CS) untuk tahap pra pengolahan kemudian dilanjutkan dengan *median filter* dan *Connected Component Labeling* (CCL) untuk penghilangan label pada citra *mammogram* dan kemudian dilakukan proses untuk menghilangkan *pectoral muscle* (otot dada) yang ikut ter-*scan*.

Dari berbagai macam penelitian yang telah ada tersebut, maka pada penelitian ini citra yang dipakai adalah citra tanpa *cropping* pada bagian *region of interest* (ROI) atau pun citra yang telah disegmentasi pada bagian tertentu. Dengan kata lain citra yang dipakai adalah citra yang dipangkas pada bagian payudara saja. Sebelumnya label-label yang mengganggu pada citra dihilangkan dengan metode *connected componen labeling* (CCL). Untuk tahap peningkatan kualitas citra dengan tujuan meningkatkan kontras citra, dibandingkan antara metode, yaitu: CLAHE, *Non Subsampling Contourlet Transform* (NSCT), dan *Contrast Stretching* (CS), kemudian dilakukan reduksi *noise* dengan *filter median* untuk selanjutnya dilihat kinerja masing-masing algoritma, seberapa baik algoritma tersebut dapat dijadikan *input* untuk tahap selanjutnya (ekstraksi fitur dan klasifikasi). Kinerja masing-masing algoritma dapat dilihat dari nilai MSE dan PSNR dari metode tersebut.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Metode Perancangan



**Gambar.1 Diagram Alir Peningkatan Kualitas Citra *Mammogram***

Peningkatan kualitas citra merupakan tahapan pertama (pra pengolahan) dalam pengolahan *Computer Aid Detection* (CAD), sebelum memasuki tahap segmentasi, ekstraksi ciri dan klasifikasi. Biasanya digunakan untuk memperbaiki kualitas citra *mammogram* dengan kontras yang rendah guna memudahkan dalam proses selanjutnya. Gambar 1 menunjukkan diagram alir proses peningkatan kualitas citra dengan metode peningkatan kontras. Pada penelitian ini, data *mammogram* diambil dari *mini mias dataset* yang memiliki resolusi cukup besar yaitu 1024 x 1024 dan berekstensi (.pgm). Untuk memudahkan proses komputasi, citra tersebut dipangkas terlebih dahulu dan diubah ekstensinya ke format (.png). Format ini mendukung proses pemampatan data tanpa menghilangkan informasinya [7]. Sebelum dipangkas, citra diproses dengan algoritma *Connected Component Labeling* (CCL) untuk menghilangkan label hasil proses skrining.

Terdapat beberapa metode yang sering digunakan untuk peningkatan kualitas citra *mammogram* dengan manfaat dan tujuan yang beragam. Untuk mencapai manfaat dan tujuan penelitian, maka metode – metode yang pernah dipakai dalam penelitian sebelumnya dicobakan kepada data dalam penelitian ini. Pada penelitian ini dicoba metode peningkatan kualitas citra, khususnya kontras, di antaranya *Non Subsampled Contourlet Transform* (NSCT), CLAHE dan *Contrast Stretching* (CS).

#### 2.1.1 *Connected Component Labeling* (CCL)

*Connected component labeling* digunakan untuk menghilangkan label-label atau artefak hasil *scanning* citra. CCL adalah salah satu teknik pengolahan citra yang digunakan untuk mengelompokkan

piksel-piksel yang memiliki hubungan antara suatu piksel dengan tetangganya (*4-connectivity* atau *8-connectivity*). Metode ini bekerja pada citra *biner*.

Awalnya citra di-*scan* setiap piksel pada setiap barisnya dari kiri ke kanan sampai menemukan piksel yang bernilai 1 (anggap piksel  $p$ ). Kemudian dilihat tetangga dari  $p$  yang sudah di-*scan* sebelumnya (misalnya tetangga sebelah kiri, kiri-atas, atas, dan kanan-atas untuk *8-connectivity*). Lalu langkah berikutnya adalah pemberian label pada piksel  $p$  menurut hubungannya dengan tetangganya [8].

### 2.1.2 Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)

CLAHE merupakan teknik perbaikan kekontrasan citra dengan meningkatkan kontras lokal citra. Lokal citra ini didapat dengan membentuk beberapa *grid* simetris pada citra yang disebut dengan *region size*. Struktur regional citra dibagi menjadi tiga, yaitu bagian yang berada di sudut citra ditandai dengan *corner region* (CR), bagian tepi kecuali CR ditandai dengan *border region* (BR), dan bagian lainnya yang berada di tengah ditandai dengan *inner region* (IR). Permasalahan peningkatan kontras yang berlebihan dapat diatasi dengan menggunakan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE), yaitu dengan memberikan nilai batas pada *histogram*. Nilai batas ini disebut dengan *clip limit* yang menyatakan batas maksimum tinggi suatu *histogram*. Cara menghitung *clip limit* suatu *histogram* dapat didefinisikan dengan persamaan (1) [9][10]:

$$\beta = \frac{M}{N} \left( 1 + \frac{\alpha}{100} (S_{\max} - 1) \right) \quad (1)$$

Dimana :

M = luas *region size*

N = nilai *grayscale* (256)

$\alpha$  = *clip factor* (penambahan batas limit suatu *histogram* yang bernilai antara 0 sampai 100)

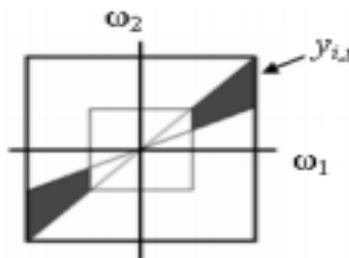
### 2.1.3 Nonsubsampled Contourlet Transform (NSCT)

Munoz, dkk [4], menggunakan NSCT dalam penelitiannya untuk perbaikan citra bermikrokalsifikasi pada *mammogram*. Untuk mendapatkan fitur yang spesifik dari *mammogram* ini, citra ditransformasi ke dalam domain NSCT untuk memperoleh multiskala dan dekomposisi multi arah pada N level dan  $M_N$  arah per level dari citra.

Pada Gambar 2, tiap *subband* dinotasikan dengan  $y_{ij}$ , dimana  $i$  dan  $j$  adalah level dekomposisi dan arah. Pada NSCT citra diolah dengan menerapkan sebuah fungsi untuk memperbaiki daerah ROI citra. pada analisis multiskala didapatkan fungsi  $f$  untuk tiap-tiap *subband* yang menangkap fitur dari wilayah ROI, supaya didapatkan  $y'$  dari *subband* yang diperbaiki. Kemudian hasil dari tiap *subband* yang sudah diperbaiki, dinyatakan seperti pada persamaan (2) [4]:

$$Y'_{i,j} = f(y_{i,j}) \quad (2)$$

Sesudah *subband* yang diperbaiki diperoleh, dilakukan transformasi balik pada koefisien yang dihasilkan untuk memperoleh citra perbaikan.



Gambar 2. Dekomposisi Level Dan Arah Pada NSCT [4]

### 2.1.4 Contrast Stretching (CS)

Suatu citra berskala keabuan dikatakan memiliki kontras rendah apabila distribusi warna cenderung pada jangkauan aras keabuan yang sempit. Sebaliknya, citra mempunyai kontras tinggi apabila jangkauan aras keabuan lebih terdistribusi secara melebar. Kontras dapat diukur berdasarkan perbedaan antara nilai intensitas tertinggi dan nilai intensitas terendah yang menyusun piksel-piksel dalam citra.

Citra dengan kontras rendah sering kali terjadi karena kondisi pencahayaan yang jelek ataupun tidak seragam, begitu pula dengan citra *mammogram*. Hal itu dapat diakibatkan oleh sensor-sensor penangkap citra yang tidak linear. Agar distribusi intensitas piksel berubah, perlu dilakukan peregangan kontras. Hal ini dilaksanakan dengan menggunakan persamaan (3) [7]:

$$g(y,x) = \alpha f(y,x) \quad (3)$$

Berdasarkan rumus (3), kontras akan naik jika  $\alpha > 1$  dan kontras akan turun ketika  $\alpha < 1$ .

### 2.1.5 Median Filter

Konsep dasar dari median filter yaitu dengan menemukan nilai piksel yang memiliki nilai intensitas dari suatu piksel yang berbeda dengan nilai piksel yang ada didaerah sekitarnya, dan menggantinya dengan nilai yang lebih cocok. Cara yang paling sederhana adalah dengan melakukan pencegahan atau pembatasan nilai piksel, sehingga suatu piksel tidak memiliki nilai intensitas di luar nilai yang ada di daerah sekitarnya.

## 2.2 Metode Analisis

### 2.2.1 Mean Square Error (MSE) dan Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

Metode analisis pada penelitian ini menggunakan teknik evaluasi kinerja dengan mencari nilai MSE, PSNR, untuk mengetahui metode mana yang lebih bagus untuk dipakai dalam peningkatan kualitas citra.

Dalam citra digital terdapat suatu standar pengukuran *error* kualitas citra, yaitu nilai MSE dan PSNR. Tingkat keberhasilan dan kemampuan dari suatu metode peningkatan kualitas citra dihitung dengan menggunakan MSE dan PSNR. Kemampuan metode peningkatan kualitas citra juga dapat diukur dengan teknik visual, yaitu melihat pada citra hasil dan membandingkannya dengan citra asli, tetapi dalam citra medis tidak mudah melihat kelainannya tanpa memiliki dasar pengetahuan yang baik, sehingga hasil pengukuran teknik visual setiap orang berbeda-beda.

PSNR adalah sebuah perhitungan yang menentukan nilai dari sebuah citra yang dihasilkan. Nilai PSNR ditentukan oleh besar atau kecilnya nilai MSE yang terjadi pada citra. Semakin besar nilai PSNR, semakin baik pula hasil yang diperoleh pada tampilan citra hasil. Sebaliknya, semakin kecil nilai PSNR, maka akan semakin buruk hasil yang diperoleh pada tampilan citra hasil. Satuan nilai dari PSNR sama seperti MSE, yaitu *decibel* (dB). Jadi hubungan antara nilai PSNR dengan nilai MSE adalah semakin besar nilai PSNR, maka akan semakin kecil nilai MSE-nya. PSNR secara umum digunakan untuk mengukur kualitas pada penyusunan ulang citra. Hal ini lebih mudah didefinisikan dengan MSE. MSE adalah kesalahan kuadrat rata-rata. Nilai MSE didapat dengan membandingkan nilai selisih piksel-piksel citra asal dengan citra hasil pada posisi piksel yang sama. Semakin besar nilai MSE, maka tampilan pada citra hasil akan semakin buruk. Sebaliknya, semakin kecil nilai MSE, maka tampilan pada citra hasil akan semakin baik. Hal ini akan menjadi parameter perbandingan tiap-tiap metode. Nilai MSE dan PSNR dapat dicari dengan persamaan (4) dan (5) [11]:

$$MSE = \left( \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (g'(x,y) - g(x,y))^2 \right) \quad (4)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \left( \frac{2^n}{MSE} \right) \quad (5)$$

Dimana :

$x$  = ukuran baris dari citra

$y$  = ukuran kolom dari citra

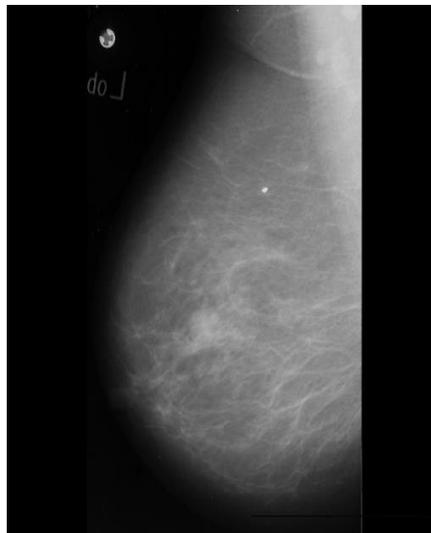
$g(x,y)$  = matriks citra hasil pemrosesan

$[M N]$  = ukuran citra dan  $n$  adalah bit/piksel

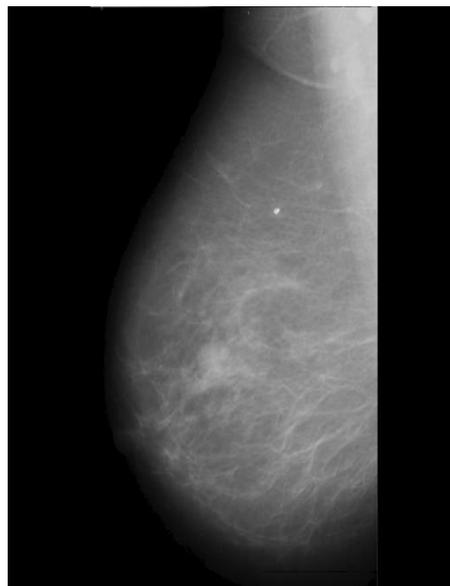
### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Proses peningkatan kualitas citra ini terdiri dari penghilangan label, *cropping* citra pada bagian payudara, peningkatan kontras dan penghilangan *noise*. Citra *mammogram* umumnya memiliki kontras yang rendah sehingga menyulitkan dalam membedakan antara citra kanker dan *non* kanker. Ada banyak metode yang digunakan dalam proses peningkatan kontras. Pada penelitian ini dibandingkan beberapa metode, yaitu CLAHE, NSCT, dan CS untuk mendapatkan *output* yang maksimal sebagai masukan untuk proses ekstraksi fitur dan klasifikasi. Langkah awal yaitu pencarian nilai MSE dan PSNR saja yang dijadikan ukuran keberhasilan metode. Kemudian ditarik kesimpulan metode peningkatan kontras yang cocok untuk diimplementasikan.

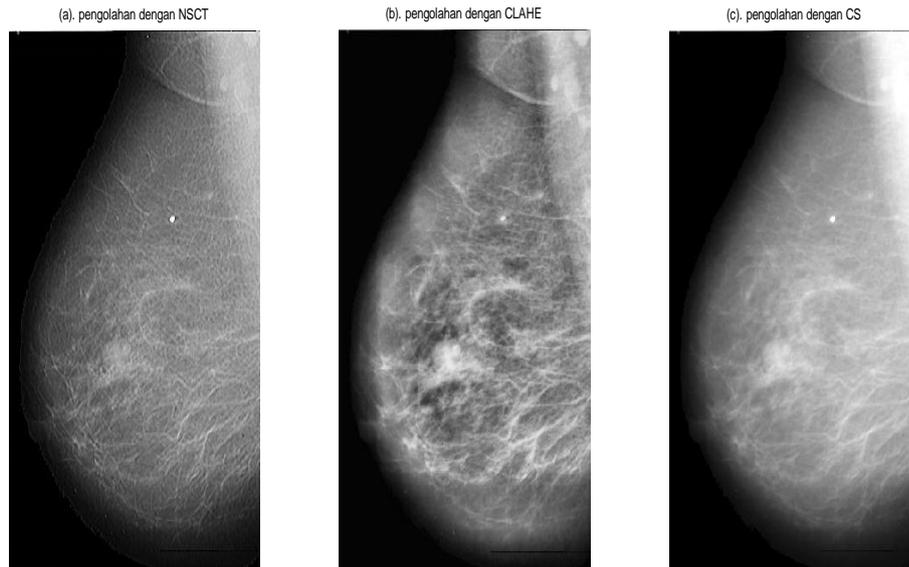
Pada penelitian ini data berasal dari *mias dataset* [2] yang terdiri dari 60 data (20 citra normal, 20 citra *benign* dan 20 citra *malignant*). Sebelumnya citra dibersihkan dulu dari label-label yang terdapat pada citra dengan algoritma *Connected Component Labeling* (CCL), hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4, dengan Gambar 3 merupakan gambar asli citra dari *dataset mias* yang belum diolah. Kemudian citra dipangkas di bagian payudara saja. Setelah didapatkan citra hasil *cropping*, dilakukan proses peningkatan kontras citra dengan menggunakan metode CLAHE, NSCT dan CS. Hasil dari peningkatan kontras dapat dilihat pada Gambar 5. Untuk selanjutnya citra hasil peningkatan kontras ditapis dengan tapis (*filter*) *median* untuk melembutkan citra dan menghilangkan derau berupa bintik-bintik pada citra. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 6.



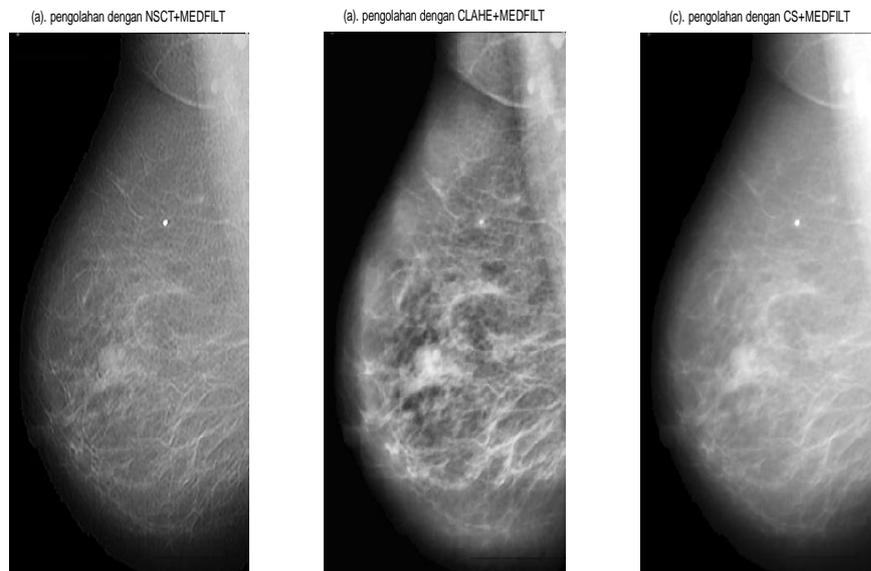
Gambar 3. Citra Asli BENIGN10



Gambar 4. Citra Setelah Diproses Dengan CCL



**Gambar 5. Citra Setelah Dipangkas Di Bagian Payudara, Peningkatan Kontras Dengan NSCT, CLAHE dan CS**



**Gambar 6. Hasil Peningkatan Kontras Dengan NSCT, CLAHE dan CS yang Telah Dismoothing Dengan Tapis Median**

Kualitas dari proses pra pengolahan atau peningkatan kualitas citra dihitung menggunakan MSE dan PSNR. Nilai rerata MSE dan PSNR dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Nilai rerata MSE dan PSNR citra**

<i>CLAHE</i>		<i>NSCT</i>		<i>CS</i>	
MSE (db)	PSNR (db)	MSE (db)	PSNR (db)	MSE (db)	PSNR (db)
528,7832	21,035	<b>50,20878</b>	<b>31,75332</b>	717,9003	2,023281

Dari Tabel 1 tersebut dapat dilihat bahwa nilai MSE dan PSNR yang paling baik didapatkan oleh metode NSCT jika dibandingkan dengan metode lain, yaitu sebesar 50,20878 db dan 31,75332 db.

#### 4. KESIMPULAN

Dari nilai statistik MSE dan PSNR, disimpulkan bahwa proses peningkatan kualitas citra dengan menggunakan metode NSCT menghasilkan nilai yang lebih baik. Karena NSCT dapat mempertahankan informasi yang penting pada citra jika dibandingkan dengan CLAHE dan CS.

Nilai MSE dan PSNR diukur berdasarkan nilai kesalahan kuadrat rata-rata. Nilai ini didapat dengan membandingkan nilai selisih piksel-piksel citra asal dengan citra hasil pada posisi piksel yang sama. Semakin besar nilai MSE, maka tampilan pada citra hasil akan semakin buruk. Sebaliknya, semakin kecil nilai MSE, maka tampilan pada citra hasil akan semakin baik. Hal ini berkebalikan dengan nilai PSNR, semakin besar nilai PSNR maka dapat dikatakan kualitas citranya semakin baik, tetapi semakin kecil nilainya, menandakan kualitas citranya juga semakin buruk. Hal ini akan menjadi parameter perbandingan tiap-tiap metode.

NSCT lebih efektif untuk menangkap kontur halus citra. Saat citra ditransformasi dengan menggunakan NSCT, maka citra akan melewati sebuah *filter* untuk memisahkan antara *subband lowpass* dan *bandpass*. *Subband lowpass* berisi informasi penting yang terkandung di dalam citra, sedangkan *subband bandpass* berisi informasi detailnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Padmanabhan, S., and Sundararajan, R. 2012. "Enhanced accuracy of breast cancer detection in digital mammograms using wavelet analysis", *Int. Conf. Mach. Vis. Image Process.*, pp. 153–156.
- [2] *Database mammogram*. Terdapat pada URL: <http://peipa.essex.ac.uk/pix/mias/> (Diakses pada Tahun 2014).
- [3] Wibawanto, H., et al. 2010. "Discriminating Cystic and Non Cystic Mass using GLCM and GLRLM-based Texture Features." *International Journal of Electronic Engineering Research* 2. 4, pp. 569–580.
- [4] Munoz, J., and Mejia. 2009. "The Nonsubsampled Contourlet Transform for Enhancement of Microcalcifications in Digital Mammograms." *MICAI 2009, LNAI.*, pp. 292–302.
- [5] Sundaram, M., et al. 2011. "Histogram Modified Local Contrast Enhancement for Mammogram Image", *applied soft computing* 11. Elsevier journal, pp. 5089-5816.
- [6] [6] Boss, R. S. C., et al. 2013. "Automatic Mammogram image Breast Region Extraction and Removal of Pectoral Muscle." *International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 5*.
- [7] Abdul, K dan Susanto, A. (2013). *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [8] He, L.F., et al. 2013. "An Algorithm for Connected-Component Labeling, Hole Labeling and Euler Number Computing," *Journal of Computer Science and Technology* 28. 3, pp. 468–478.
- [9] Menaka, K., and Karpagavalli S. 2014. "Mammogram Classification using Extreme Learning Machine and Genetic Programming," *International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI -2014)*.
- [10] Saepudin, D., Rizal, A. 2014. "Analisis Contrast Limited Adaptive Histogram Equalizaion ( CLAHE ) dan Region Growing dalam Deteksi Gejala Kanker Payudara pada Citra Mammogram," *JURNAL ELEKTRO ITT TELKOM, Vol. 7, No. 1*. pp. 15–28.
- [11] Eskicioglu A. M., and Fisher, P. S. 1995. "Image Quality Measures and Their Performance," *IEEE Transactions*. pp. 2959–2965.