

PENINGKATAN KUALITAS CITRA X-RAY PARU-PARU MENGUNAKAN CONTRAST LIMITED ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION DAN GAUSSIAN FILTER

Maria Mediatrice Sebatubun

Jurusan Teknik Informatika, STMIK AKAKOM Yogyakarta
Jl Raya Janti 143, Karangjambe, Yogyakarta
e-mail: memey@akakom.ac.id

ABSTRAK

Kanker paru-paru merupakan salah satu jenis kanker yang menyebabkan tingginya tingkat kematian di dunia. Kanker paru-paru lebih sering menyerang pria daripada wanita karena penyebab utamanya adalah rokok. Kanker merupakan pertumbuhan dan penyebaran sel-sel abnormal yang memiliki karakteristik yang khas. Apabila kanker telah menyebar, maka biasanya mengakibatkan kematian. Oleh karena itu, kanker paru-paru perlu dideteksi secara dini sebelum sel kanker tersebut menyebar. Salah satu cara yang digunakan untuk mendeteksi kanker paru-paru adalah dengan cara pencitraan atau X-ray. Namun, dalam beberapa kasus, nodul tidak dapat dideteksi karena tertutup oleh struktur anatomi ataupun karena rendahnya kualitas citra. Penelitian ini menggunakan citra X-ray yang diperoleh dari Japanese Society of Radiological Technology untuk menangani kualitas citra yang rendah. Tahap awal yang dilakukan adalah menerapkan metode peregangan kontras menggunakan Contrast Limited Histogram Equalization dan tahap kedua adalah filtering menggunakan gaussian filter. Selanjutnya, pengukuran keberhasilan citra hasil peningkatan diukur secara kuantitatif menggunakan Peak Signal-to-Noise Ratio dan Mean Square Error. Setelah dilakukan penilaian, diperoleh rata-rata nilai MSE = 0,3424db dan PSNR = 53,2330db dari 20 citra sampel.

Kata Kunci: citra X-ray, CLAHE, gaussian filter, peningkatan citra.

ABSTRACT

Lung cancer is a type of cancer which has a high mortality rate in the world. Lung cancer is more often attack a men than women because the main cause is smoking. Cancer is the growth and spread of abnormal cells that have specific characteristics. If the cancer has spread, it usually results in death. Therefore, lung cancer needs to be detected early before cancer cells spread. One of the technique used to detect lung cancer is by imaging or X-ray. However, in some cases, nodules can not be detected because enclosed by anatomical structure or because the poor quality of the image. This study uses X-ray images obtained from the Japanese Society of Radiological Technology to handle the low image quality. The early phase is apply contrast stretching method using Contrast Limited Histogram Equalization and the second phase is filtering using gaussian filter. Furthermore, measurement of the success of image enhancement is measured quantitatively using Peak Signal-to-Noise Ratio and Mean Square Error. After the evaluation, obtained average value of MSE = 0,3424db and PSNR = 53.2330db from 20 samples image.

Keywords: X-ray image, CLAHE, image enhancement, gaussian filter

I. PENDAHULUAN

Kanker paru-paru adalah salah satu jenis kanker dan merupakan salah satu penyebab tingginya tingkat kematian di dunia. *National Cancer Institute* (NCI) mengestimasi kasus kanker paru-paru di Amerika Serikat pada tahun 2016 adalah sekitar 224.390 kasus dan yang meninggal diestimasi sebanyak 158.080 orang [1]. Berdasarkan data statistik dari NCI tersebut, di Amerika Serikat, kanker paru-paru merupakan jenis kanker yang telah umum karena berada pada urutan kedua, setelah kanker payudara. Kanker merupakan pertumbuhan dan penyebaran sel-sel abnormal yang memiliki karakteristik yang khas. Kanker yang sudah menyebar, biasanya akan menyebabkan kematian. Kanker paru-paru lebih sering menyerang dan menyebabkan pria meninggal dibanding kanker lain dan penyebab yang paling utama adalah merokok [1].

Salah satu cara yang digunakan untuk mendeteksi kanker paru-paru adalah melalui pencitraan atau lebih dikenal dengan *X-ray* (foto rontgen). Pendeteksian kanker paru-paru menggunakan *X-ray* merupakan teknik yang paling sering digunakan. Citra *X-ray* akan memberikan hasil yang berbeda antara paru-paru yang sehat dan yang tidak sehat. Namun, dalam beberapa kasus, nodul tidak dapat dideteksi karena tertutup oleh struktur anatomi ataupun karena rendahnya kualitas citra. Untuk memastikan bahwa nodul tertutup struktur anatomi tubuh atau tidak, biasanya, dilakukan pemeriksaan yang lebih mendalam menggunakan *Computed Tomography* (CT) *scan*. Citra hasil CT *scan* dapat

menunjukkan letak nodul secara lebih jelas dan detail. Tetapi apabila penyebab sulitnya mendeteksi nodul karena rendahnya kualitas citra, maka citra *X-ray* tersebut dapat diperbaiki atau ditingkatkan kualitasnya sehingga nodul dapat terlihat lebih jelas oleh radiolog. Selain karena rendahnya kualitas citra, karakteristik nodul juga cenderung memiliki bentuk dan warna yang mirip dengan jaringan sel pada paru-paru. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka perlu dilakukan perbaikan ataupun peningkatan kualitas citra sehingga dapat digunakan untuk membantu para radiolog untuk dapat melakukan diagnosa yang lebih akurat menggunakan citra *X-ray*.

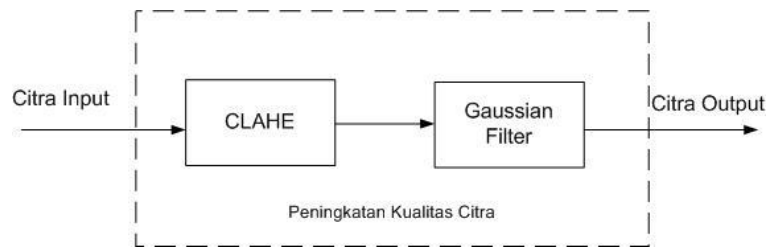
Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang melakukan peningkatan kualitas citra dengan berbagai metode. Salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan kualitas citra *X-ray* paru-paru adalah peregangan kontras citra menggunakan *Histogram Equalization* (HE) [2]. Metode ini menghasilkan histogram citra yang seragam dan dapat dilakukan pada keseluruhan citra atau hanya pada beberapa bagian citra [3]. Idenya adalah dengan mengubah pemetaan *graylevel* agar sebaran kontras lebih luas yaitu pada kisaran 0-255 [4]. Kelemahan metode ini adalah melakukan penyesuaian intensitas citra secara global [5]. Untuk memperbaiki metode HE, maka diusulkan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) [6] [7] [5]. Metode ini dapat meningkatkan kualitas citra paru-paru dengan melakukan pemerataan distribusi nilai derajat keabuan. Berbeda dengan HE yang bekerja secara global, CLAHE bekerja secara lokal karena berdasarkan pada area ketetanggaan piksel. Tetapi selain kelebihanannya, CLAHE juga memiliki kekurangan yaitu derau (*noise*) pada citra juga akan diproses.

Selain melakukan peregangan kontras citra, peningkatan kualitas citra juga dapat dilakukan dengan menggunakan teknik penapisan (*filtering*) yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan derau. Salah satu metode *filtering* yang paling sering digunakan adalah Median Filter [8] [9] [10] [11] [12] [13]. Metode ini paling sering digunakan karena kelebihanannya yang mampu untuk mengurangi derau dengan baik, khususnya derau "*salt and pepper*". Selain itu, metode Laplacian of Gaussian Filter (LoG) juga dapat digunakan untuk peningkatan kualitas citra paru-paru [14]. Metode ini menghilangkan derau menggunakan Gaussian Filter, kemudian dilanjutkan dengan Laplacian Filter untuk menemukan batas tepi citra. Filter LoG akan memberi nilai nol ketika intensitas citra cenderung seragam. Apabila terjadi perubahan, filter LoG akan memberikan respon positif terhadap area yang gelap dan respon negatif pada area yang lebih terang. Oleh karena itu, metode ini belum mampu meningkatkan kualitas citra paru-paru yang memiliki intensitas yang seragam. Salah satu metode yang mampu mengurangi atau menghilangkan derau dengan baik adalah Gaussian Filter. Metode ini merupakan salah satu contoh filter linear dan tergolong dalam Lowpass Filter [15].

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra *X-ray* yang diperoleh dari *Japanese Society of Radiological Technology* (JSRT) [16]. Data citra tersebut memiliki sebaran nilai *graylevel* yang tidak merata sehingga dibutuhkan metode yang mampu melakukan pemerataan distribusi nilai *graylevel* citra. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan metode CLAHE untuk pemerataan nilai *graylevel* citra paru-paru. Untuk mengatasi kekurangan CLAHE, digunakan Gaussian Filter untuk mengurangi derau pada citra hasil CLAHE, dengan tujuan agar dapat meningkatkan kualitas citra paru-paru sehingga dapat dimanfaatkan untuk proses pendeteksian nodul paru-paru.

II. METODE PENELITIAN

Database JSRT terdiri atas 93 citra normal dan 154 citra kanker yang telah divalidasi dengan citra hasil CT Scan dan dapat diunduh secara bebas. Resolusi citra berukuran 2048x2048 dan setiap piksel berukuran 0,175mm. Diameter nodul berkisar antara 5-60mm, rata-ratanya 17mm dan nilai tengah 15mm [16]. Citra tersebut memiliki intensitas keabuan yang tidak merata sehingga sulit untuk mendeteksi nodul pada paru-paru. Berdasarkan citra yang diperoleh tersebut, maka diperlukan metode yang dapat meningkatkan kualitas citra paru-paru sehingga dapat membantu radiolog untuk mengenali nodul paru-paru. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan teknik CLAHE yang bertujuan untuk meregangkan kontras citra dengan melakukan distribusi pemerataan nilai *graylevel* pada citra paru-paru [13]. Proses selanjutnya yang dilakukan adalah menerapkan teknik *filtering* menggunakan Gaussian Filter untuk menghilangkan derau pada citra paru-paru. Citra sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 20 citra kanker (ber-nodul) yang diambil secara acak. Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

2.1 Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)

CLAHE adalah generalisasi dari metode *Adaptive Histogram Equalization* (AHE). Metode ini mampu menghasilkan citra yang lebih baik dibandingkan dengan citra asli yang belum diproses. Berbeda dengan HE yang bekerja secara global, algoritme CLAHE membagi citra ke dalam area-area yang lebih kecil dan menerapkan HE untuk masing-masing area tersebut. Algoritme CLAHE [17] dapat dijelaskan sebagai berikut :

Tahap 1 : citra asli dibagi menjadi sub-citra yang berukuran $M \times N$.

Tahap 2 : menghitung histogram dari setiap sub-citra.

Tahap 3 : *clipped histogram* dari setiap citra. Jumlah piksel pada sub-citra didistribusi pada masing-masing derajat keabuan. Rata-rata jumlah piksel pada setiap derajat keabuan dirumuskan pada persamaan (1)

$$N_{avg} = \frac{N_{CR-Xp} * N_{CR-Yp}}{N_{gray}} \quad (1)$$

Dimana

N_{avg} = rata-rata jumlah piksel

N_{gray} = jumlah nilai derajat keabuan pada sub-citra

N_{CR-Xp} = jumlah piksel dalam dimensi X dari sub-citra.

N_{CR-Yp} = jumlah piksel dalam dimensi Y dari sub-citra.

Berdasarkan persamaan(1), cliplimit dapat dihitung menggunakan persamaan (2)

$$N_{CL} = N_{CLIP} * N_{avg} \quad (2)$$

Dimana

N_{CL} = cliplimit

N_{CLIP} = nilai maksimum rata-rata piksel setiap nilai derajat keabuan dari sub-citra.

Pada histogram yang asli, piksel akan di-*clipped* jika jumlah piksel lebih besar dari N_{CLIP} . Jumlah piksel didistribusi secara merata ke dalam masing-masing derajat keabuan (N_d) yang didefinisikan dengan total jumlah piksel yang di-*clipped* N_{TC} , dirumuskan menggunakan persamaan (3)

$$N_d = \frac{N_{TC}}{N_{gray}} \quad (3)$$

$H_{SI}(i)$ merupakan jumlah piksel dalam setiap derajat keabuan sub-citra dan “i” adalah jumlah derajat keabuan. Dengan menggunakan persamaan (3), *contrast limited histogram* sub-citra dapat dihitung menggunakan persamaan (4)

$$\begin{aligned} & \text{if } H_{SI} > N_{CL}, H_{NSI}(i) = N_{CL} \\ & \text{else if } H_{SI}(i) + N_d \geq N_{CL}, H_{NSI}(i) = N_{CL} \\ & \text{else } H_{NSI}(i) = H_{SI}(i) + N_d \end{aligned} \quad (4)$$

Akhir dari distribusi pada persamaan(4), sisa jumlah piksel yang dipotong dinyatakan sebagai N_{RP} , tahap distribusi piksel dirumuskan dalam persamaan (5)

$$S = \frac{N_{gray}}{N_{RP}} \quad (5)$$

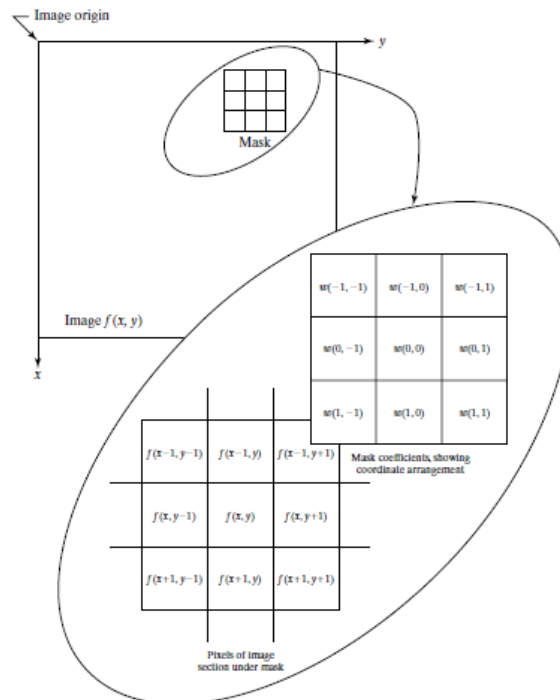
Metode ini memindai semua piksel dari minimum ke maksimum nilai *graylevel*. Jika frekuensi piksel *graylevel* adalah N_{CL} , metode ini mendistribusikan satu piksel nilai *graylevel*. Jika pencarian be-

rakhir sebelum distribusi semua piksel, maka akan dihitung lagi berdasarkan persamaan (5) dan memulai pencarian baru hingga semua piksel terdistribusi. Dengan demikian akan diperoleh histogram yang baru.

Tahap 4 : *limited contrast histogram* setiap sub-citra diproses dengan HE. Selanjutnya, piksel dari sub-image dipetakan menggunakan interpolasi linear.

2.2 Gaussian Filter

Citra hasil peningkatan kontras menggunakan CLAHE memiliki kekurangan yaitu derau pada citra juga diproses. Untuk mengatasi kekurangan tersebut, maka diterapkan Gaussian filter untuk mengurangi derau pada citra hasil CLAHE [6]. Gaussian filter merupakan salah satu metode *linear spatial filtering* dan telah banyak digunakan dalam bidang analisis citra untuk proses *smoothing* (penghalusan), *blurring* (pengaburan), menghilangkan detail dan menghilangkan derau pada citra [3]. Linear yang dimaksud adalah mengalikan setiap piksel dalam tetangga dengan koefisien yang terhubung kepadanya dan menjumlahkan hasilnya untuk mendapatkan jawaban pada setiap titik (x,y). Jika ukuran tetangga adalah m x n, koefisien mn dibutuhkan. Koefisien dibentuk menjadi matriks yang disebut dengan *filter*, *mask*, *filter mask*, *kernel*, *template* atau *window* [18]. Mekanisme dari *linear spatial filtering* adalah memindahkan pusat dari *filter mask* w dari satu titik ke titik yang lain dalam citra f. pada setiap titik (x,y), hasil filter pada titik tersebut berupa jumlah dari perkalian koefisien filter dan tetangga piksel yang berkoresponden dalam rentang area *filter mask*. Mekanisme dari *linear spatial filtering* digambarkan dalam Gambar 2 [18].



Gambar 2. Mekanisme *linear spatial filtering*

Ada dua konsep yang perlu dipahami ketika melakukan *linear spatial filtering* yaitu korelasi dan konvolusi. Korelasi merupakan proses *passing mask* w terhadap citra f yang ditunjukkan pada Gambar 2. Secara mekanis, konvolusi memiliki proses yang sama dengan korelasi, hanya saja *filter mask* w diputar 180° terlebih dulu kemudian di-*passing* pada citra f. Karena gaussian filter merupakan salah satu *linear spatial filtering*, maka metode ini juga menggunakan *filter mask*. Persamaan (6) berikut merupakan bentuk fungsi Gaussian 2-D yang digunakan untuk memperoleh nilai *filter mask* [3].

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (6)$$

Dimana σ menyatakan standar deviasi dari distribusi dan (x,y) menyatakan baris dan kolom. Setelah diperoleh nilai *filter mask*, proses selanjutnya konvolusi citra input dengan *filter mask* tersebut. Konvolusi seringkali dilibatkan dalam operasi ketetanggaan piksel. Konvolusi didefinisikan sebagai proses untuk memperoleh suatu piksel didasarkan pada nilai piksel itu sendiri dan tetangganya,

dengan melibatkan suatu matriks yang disebut kernel yang merepresentasikan pembobotan [15]. Proses konvolusi dilakukan dengan menumpangkan suatu jendela (kernel) yang berisi angka-angka pengali pada setiap piksel yang ditimpali seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Selanjutnya, nilai rerata diambil dari hasil-hasil perkalian tersebut. Dalam pelaksanaannya, kernel akan digeser sepanjang baris dan kolom dalam citra sehingga akan diperoleh nilai yang baru pada citra keluaran [15]. Dalam Gaussian filter, proses konvolusi dilakukan dengan memutar *filter mask* sebesar 180° terlebih dulu kemudian di-*passing* pada citra. Perhitungannya dapat diperoleh menggunakan persamaan (7) [15] berikut

$$f(y, x) = \sum_{p=-m_2}^{m_2} \sum_{q=-n_2}^{n_2} h(p + m_2 + 1, q + n_2 + 1) f(y + p, x + q) \quad (7)$$

dimana m_2 adalah separuh dari tinggi kernel, n_2 adalah separuh dari lebar kernel, h menyatakan kernel.

2.3 Evaluasi Citra Hasil

Hasil dari peningkatan kualitas citra biasanya hanya dinilai secara visual tetapi dapat juga dinilai dengan menggunakan metode yang mampu mengukur tingkat kualitas suatu citra. Untuk mengevaluasi citra output, *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) dan *Mean Square Error* (MSE) digunakan sebagai kriteria evaluasi secara objektif. Nilai yang diperoleh dari hasil proses pengukuran ini berbanding terbalik. Artinya, kualitas citra dapat dikatakan baik jika nilai PSNR cenderung tinggi dan nilai MSE cenderung rendah. Jika yang terjadi sebaliknya, maka dapat dikatakan bahwa kualitas citra masih perlu ditingkatkan. PSNR [13] dan MSE dirumuskan pada persamaan (8) dan persamaan (9)

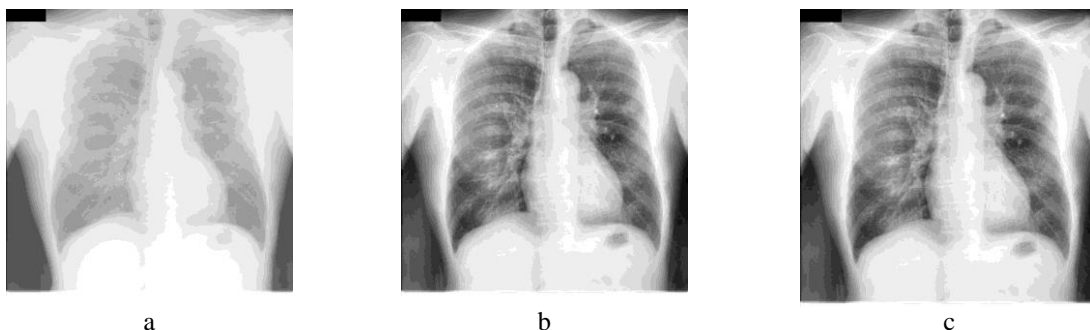
$$PSNR = 10 \log \left(\frac{m \times n \times L^2}{\sum_{i,j} [u(i,j) - v(i,j)]^2} \right) \quad (8)$$

$$MSE = \left(\frac{1}{mn} \right) \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [u(i,j) - v(i,j)]^2 \quad (9)$$

L adalah nilai *graylevel* maksimum, m dan n adalah baris dan kolom, $u(i,j)$ nilai keabuan citra asli, $v(i,j)$ nilai keabuan citra yang diperoleh dari hasil *denoising*.

III. HASIL

Penggunaan metode CLAHE mampu meningkatkan kontras citra paru-paru yang tidak jelas menjadi lebih mudah untuk diinterpretasi oleh radiolog. Tahap selanjutnya yang dilakukan adalah penerapan Gaussian filter untuk menghilangkan derau pada citra hasil CLAHE. Gambar 3 berikut merupakan salah satu contoh citra yang telah diproses menggunakan CLAHE dan Gaussian filter.

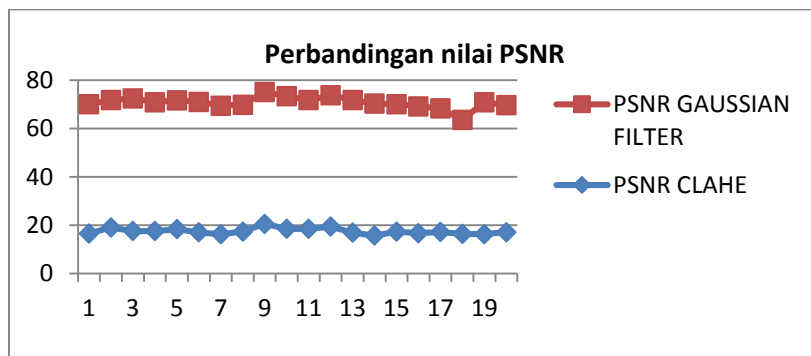


Gambar 3. Perbandingan citra asli(a), citra hasil CLAHE(b) dan citra hasil Gaussian filter(c)

Gambar 3 menunjukkan citra hasil peningkatan menggunakan metode yang diusulkan dalam penelitian ini dimana Gambar 3(a) adalah citra asli yang diperoleh dari JSRT, Gambar 3(b) adalah hasil peningkatan kontras citra menggunakan CLAHE dengan clipLimit 0,01, dan Gambar 3(c) menunjukkan citra hasil setelah proses gaussian filter. Secara kualitatif (visual), hasil peningkatan kontras citra menggunakan CLAHE terlihat lebih baik jika dibandingkan dengan citra asli. Tetapi

kelemahan metode ini yaitu derau di dalam citra juga akan ikut diproses. Untuk menilai citra hasil CLAHE secara objektif, maka digunakan PSNR dan MSE untuk mengukur tingkat keberhasilan metode CLAHE. Dari citra input diperoleh rata-rata MSE = 1189,766db dan PSNR = 17,527db. Hal ini menunjukkan bahwa citra hasil proses CLAHE masih memiliki banyak derau. Jika dinilai secara kualitatif pada Gambar 3, citra hasil Gaussian filter tidak berbeda jauh dengan citra hasil CLAHE tetapi jika diukur secara kuantitatif maka terlihat jelas perbedaan antara kedua hasil peningkatan kualitas citra tersebut.

Oleh karena itu, Gaussian filter diterapkan pada citra hasil CLAHE dan diperoleh rata-rata MSE = 0,3424db dan PSNR = 53,2330db. Perbandingan nilai PSNR antara citra hasil CLAHE dan citra hasil Gaussian filter ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Perbandingan nilai PSNR citra hasil CLAHE dan gaussian filter

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai PSNR hasil metode CLAHE jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai PSNR hasil Gaussian filter. Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa metode CLAHE dan Gaussian filter mampu meningkatkan kualitas citra *X-ray* paru-paru dengan melakukan pemetaan distribusi nilai derajat keabuan dan pengurangan derau pada citra.

IV. PEMBAHASAN

Metode yang diusulkan dalam penelitian ini kemudian dibandingkan dengan metode yang telah digunakan di dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Untuk melakukan perbandingan antara CLAHE dengan metode peregangan kontras yang telah digunakan dalam penelitian-penelitian sebelumnya, maka citra hasil CLAHE dibandingkan dengan HE. Selanjutnya, untuk membandingkan metode gaussian filter dengan metode *filtering*, maka citra hasil gaussian filter dibandingkan dengan median filter. Hasil perbandingan rata-rata nilai CLAHE-HE dan gaussian filter-median filter ditunjukkan pada Tabel 1 berikut :

TABEL I.
PERBANDINGAN NILAI MSE DAN PSNR

	Histogram Equalization (HE)		Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)	
	MSE	PSNR	MSE	PSNR
Nilai rata-rata	5930,676	10,650	1189,766	17,527
	Median Filter		Gaussian Filter	
	MSE	PSNR	MSE	PSNR
Nilai rata-rata	2,0308	46,06714	0,342405	53,23304

Berdasarkan pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa nilai MSE untuk metode HE lebih tinggi dan nilai PSNR lebih rendah jika dibandingkan dengan CLAHE. Hal ini menunjukkan bahwa citra hasil HE masih memiliki banyak derau dibanding citra hasil CLAHE. Selanjutnya, nilai MSE untuk median filter lebih tinggi dan nilai PSNR lebih rendah jika dibandingkan dengan gaussian filter. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode yang diusulkan dalam penelitian ini dapat meningkatkan kualitas citra *X-ray* sehingga menjadi lebih mudah diinterpretasi oleh radiolog.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mengusulkan metode-metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas citra *X-ray*. Terdapat dua tahap yang dilakukan dalam penelitian yaitu tahap peregangan kontras citra *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE), kemudian tahap *filtering* menggunakan

Gaussian filter untuk menghilangkan derau dari citra hasil CLAHE. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa secara kualitatif, citra hasil peningkatan lebih jelas dan mudah untuk diinterpretasi oleh radiolog. Secara kuantitatif, diukur dengan perolehan rata-rata nilai MSE = 0,3424db dan PSNR = 53,2330. Hasil yang diperoleh tersebut, kemudian dibandingkan dengan metode-metode yang telah digunakan sebelumnya. Untuk peregangan kontras citra, metode CLAHE dibandingkan dengan HE dan untuk tahap *filtering*, Gaussian filter dibandingkan dengan median filter. Setelah dibandingkan dengan metode-metode tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode CLAHE dan Gaussian filter mampu meningkatkan kualitas citra dengan lebih baik.

REFERENSI

- [1] "National Cancer Institute." [Online]. Available: <http://www.cancer.gov/>. [Accessed: 15-Jun-2016].
- [2] N. Maulida, D. F. Paramitha, and E. a Sukarno, "Klasifikasi Kanker Paru-Paru Menggunakan Pengolahan Citra," *J. Tek. Pomits*, vol. 2, no. 1, 2013.
- [3] D. Putra, *Pengolahan Citra Digital*. ANDI OFFSET, 2009, p. 130.
- [4] F. A. Hermawati, *Pengolahan Citra Digital*. ANDI OFFSET, 2013, p. 38.
- [5] G. Yadav, S. Maheshwari, and A. Agarwal, "Contrast limited adaptive histogram equalization based enhancement for real time video system," in *Proceedings of the 2014 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2014*, 2014, pp. 2392–2397.
- [6] S. Muniyappan, A. Allirani, and S. Saraswathi, "A Novel Approach for Image Enhancement by Using Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization Method CONTRAST ENHANCEMENT," in *ICCCNT*, 2013.
- [7] H. A. Rahim, A. S. Ibrahim, W. M. D. W. Zaki, and A. Hussain, "Methods to enhance digital fundus image for diabetic retinopathy detection," in *Proceedings - 2014 IEEE 10th International Colloquium on Signal Processing and Its Applications, CSPA 2014*, 2014, no. Md, pp. 221–224.
- [8] M. Gomathi and P. Thangaraj, "A computer aided diagnosis system for detection of lung cancer nodules using extreme learning machine," *Intl. J. Engg. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 10, pp. 5770–5779, 2010.
- [9] M. Gomathi and P. Thangaraj, "A Computer Aided Diagnosis System for Lung Cancer Detection Using Support Vector Machine," *Am. J. Appl. Sci.*, vol. 7, no. 12, pp. 1532–1538, 2010.
- [10] A. Oseas, D. C. Filho, W. Borges, D. Sampaio, A. Corrêa, A. Cardoso, D. Paiva, R. Acatauassú, and M. Gattass, "Automatic detection of solitary lung nodules using quality threshold clustering , genetic algorithm and diversity index," *Artif. Intell. Med.*, vol. 60, no. 3, pp. 165–177, 2014.
- [11] B. Magesh, P. G. Scholar, P. Vijayalakshmi, and M. Abirami, "COMPUTER AIDED DIAGNOSIS SYSTEM FOR THE IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF LESSIONS IN LUNGS," pp. 110–114, 2011.
- [12] S. Sivakumar, C. Chandrasekar, and A. L. Cancer, "Lung Nodule Detection Using Fuzzy Clustering and Support Vector Machines," *Int. J. Enginneering Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 179–185, 2013.
- [13] M. Mediatrix, T. B. Adji, and H. A. Nugroho, "Enhancement of Lung X-ray Images Using Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization and Median Filter," in *International Forum on Strategic Technology*, 2015, pp. 9–12.
- [14] R. Nagata and T. Kawaguchi, "Automated detection of lung nodules in chest radiographs using a false-positive reduction scheme based on template matching," in *International Conference on BioMedical Engineering and Informatics*, 2012, no. Bmei, pp. 216–223.
- [15] A. Susanto and A. Kadir, "Operasi Ketetangaan Pksel," Yogyakarta, 2012, p. 122.
- [16] "Japanese Society of Radiological Technology." [Online]. Available: <http://www.jsrt.or.jp/jsrt-db/eng.php>. [Accessed: 16-Jun-2016].
- [17] C. Ramya and S. S. Rani, "A Novel Method for the Contrast Enhancement of Fog Degraded Video Sequences," vol. 54, no. 13, pp. 1–5, 2012.
- [18] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins, *Digital Image Processing using MATLAB*. Prentice Hall, 2004.