

## Identifikasi Objek pada Citra Thorax X-Ray Pasien COVID-19 dengan Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)

Dodi Andre Putra<sup>1✉</sup>, Jufriadif Na'am<sup>2</sup>, Yuhandri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Putera Indonesia YPTK Padang

[dodi.andre.putra@gmail.com](mailto:dodi.andre.putra@gmail.com)

### Abstract

Chest X-Ray radiography produces digital radiographic images of the chest area such as the lungs, heart, and ribs. This image can visualize the lung condition of COVID-19 patients. Examination of the lung condition of COVID-19 patients with X-Ray is easier, cheaper, and widely available in hospitals than other radiographic techniques. However, the results of the X-Ray radiography digital image have poor quality, so they need to be improved. Low image contrast is a factor in the difficulty of identifying thorax images of COVID-19 patients. Increase the contrast of the low thorax image of COVID-19 patients with Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) so that it is easier to observe concretely and more clearly. The images that were processed in this study were 100 thorax images of COVID-19 patients sourced from the radiology department of Bhayangkara Hospital, Padang Indonesia. Furthermore, the image is processed using digital image processing using Matlab software. The processing stages of the thorax image are converted into grayscale form. The resulting grayscale image is continued with contrast processing using the CLAHE method with Uniform, Rayleigh and Exponential distribution types. The calculation of the Peak Signal to Noise Ratio (PNSR) and Mean Square Error (MSE) values of the image results from the processing of each type of CLAHE was continued. The results of testing all images can be visually improved in contrast quality. The average MSE CLAHE Uniform, Rayleigh and Exponential results were 27.68, 25.86 and 26.33, respectively. The average values of CLAHE Uniform, Rayleigh and Exponential PNSR > 30 dB are 112.32 dB, 171.95 dB and 151.90 dB, which means the CLAHE image is similar to the original image. CLAHE Rayleigh gives the best results in terms of quality and quantity with a total of 85 images or an accuracy value of 85%, while CLAHE Exponential and CLAHE Uniform are 15% and 0%, respectively.

Keywords: Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, COVID-19, thorax, grayscale, Peak Signal to Noise Ratio, Mean Square Error.

### Abstrak

Radiografi thorax *X-Ray* menghasilkan citra digital radiografi diarea dada seperti paru-paru, jantung, dan tulang rusuk. Citra ini dapat memvisualisasikan kondisi paru-paru pasien COVID-19. Pemeriksaan kondisi paru-paru pasien COVID-19 dengan *X-Ray* lebih mudah, murah dan banyak tersedia di rumah sakit dibandingkan teknik radiografi yang lainnya. Namun, hasil citra digital radiografi *X-Ray* memiliki kualitas yang kurang bagus sehingga perlu ditingkatkan. Kontras citra yang rendah menjadi faktor kesulitan identifikasi citra *thorax* pasien COVID-19. Meningkatkan kontras citra *thorax* pasien COVID-19 yang rendah dengan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) sehingga mudah diamati secara konkret dan lebih jelas. Citra yang diolah dalam penelitian ini sebanyak 100 citra *thorax* pasien COVID-19 yang bersumber dari komputer bagian radiologi RS Bhayangkara Padang Indonesia. Selanjutnya citra diolah menggunakan pengolahan citra digital menggunakan software Matlab. Tahapan pengolahannya citra *thorax* dikonversi ke bentuk *grayscale*. Citra hasil dari *grayscale* dilanjutkan dengan pengolahan kontras dengan menggunakan metode CLAHE bertipe distribusi *Uniform*, *Rayleigh* dan *Exponential*. Dilanjutkan penghitungan nilai *Peak Signal to Noise Ratio* (PNSR) dan *Mean Square Error* (MSE) hasil citra dari pengolahan metode masing-masing tipe CLAHE. Hasil dari pengujian semua citra dapat ditingkatkan kualitas kontrasnya secara visual. Hasil rata-rata MSE CLAHE *Uniform*, *Rayleigh* dan *Exponential* secara berturut-turut sebesar 27.68, 25.86 dan 26.33. Nilai rata-rata PNSR CLAHE *Uniform*, *Rayleigh* dan *Exponential* > 30 dB yaitu sebesar 112.32 dB, 171.95 dB dan 151.90 dB yang berarti citra CLAHE mirip dengan citra aslinya. CLAHE *Rayleigh* memberikan hasil terbaik secara kualitas dan kuantitas dengan jumlah 85 citra atau nilai akurasi 85%, sedangkan CLAHE *Exponential* dan CLAHE *Uniform* sebesar 15% dan 0%.

Kata kunci: Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, COVID-19, thorax, grayscale, Peak Signal to Noise Ratio, Mean Square Error.

© 2022 JIdT

### 1. Pendahuluan

Sejak Desember 2019, ketika penyakit Coronavirus CoV-2 dan merupakan penyebab penyakit yang 2019 atau COVID-19 muncul di kota Wuhan dan berpotensi fatal dan menjadi perhatian besar oleh menyebar dengan cepat ke seluruh China maka kesehatan masyarakat seluruh dunia [2]. SARS CoV-2

diperlukan data tentang karakteristik klinis pasien yang terkena [1]. COVID-19 yang ditimbulkan virus SARS

menular melalui inhalasi atau kontak langsung dengan cipratan (*droplet*) dari orang yang terinfeksi dengan memiliki masa inkubasi mulai dari 2 hingga 14 hari [3]. Jumlah orang yang terjangkit dan kematian bertambah setiap hari yang memberikan tekanan luar biasa pada sistem sosial dan kesehatan [4]. Gejala umumnya adalah demam, batuk, sakit tenggorokan, sesak nafas, kelelahan dan malaise [5]. Sindrom pernapasan akut dan pneumonia adalah komplikasi utama COVID-19 [6]. *Rontgen* dada dapat membantu triase (identifikasi) untuk pasien penyakit COVID-19 dan pneumonia dengan sumber daya yang terbatas [7].

Radiografi sangat membantu untuk penilaian dan tindak lanjut penyakit COVID-19 yang memberikan dokter wawasan yang akurat tentang perkembangan penyakit [8]. Pencitraan medis memainkan peranan yang penting dalam mendukung pengambilan keputusan klinis dalam diagnosis, manajemen, dan pengobatan pasien COVID-19 [9]. Peninjauan keadaan paru-paru pasien dilaksanakan tenaga medis melalui foto *rontgen* (*X-Ray*) tetapi kualitas citra *rontgen* terkadang kurang bagus atau tidak optimal [10]. Peningkatan kualitas gambar *rontgen* diperlukan untuk membantu dokter atau praktisi kesehatan melihat lebih jelas hasil *rontgen* paru-paru. Salah satu metode yang dipakai untuk menaikkan kualitas gambar adalah *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE). Dalam praktiknya, algoritma CLAHE mendistribusikan kecerahan gambar dan membatasi pembesaran *noise* [11]. CLAHE sangat populer untuk peningkatan kontras lokal yang telah terbukti kuat dan berguna untuk beberapa aplikasi [12].

Penelitian meningkatkan kontras gambar radiografi menggunakan *Multi Layers Of Histogram Equalization Technique*. Teknik multi layer yang terdiri dari HE (*Histogram Equalization*) dan CLAHE. Sistem ini diusulkan untuk memperbaiki citra *rontgen* gigi yang selalu tidak jelas. Teknik multi-lapisan CLAHE hasil/nilai yang sangat memuaskan hingga memberikan dua kali lipat daripada HE pada hasil *rontgen* gigi. CLAHE memberikan lebih banyak detail dengan kontras tinggi dengan menggunakan *library* OpenCV sebagai pengolah gambarnya [13].

Penelitian peningkatan kontras gambar pada stabilitas kuantifikasi fitur radiomik pada radiografi mammografi 2D. Penggambaran manual dan segmentasi semi otomatis setelah peningkatan CLAHE dan AHE (*Adaptive Histogram Equalization*) pada jaringan jinak tumor payudara. Tiga puluh gambar mammogram dengan tumor jinak dibagi menjadi tiga kategori: CLAHE, AHE, dan gambar tersegmentasi manual. Fitur radiomik diekstraksi menggunakan algoritma yang disediakan oleh perangkat lunak Matlab 2019a dan menghitung nilai *Intra-Class Correlation Coefficient* (ICC). Fitur radiomik untuk kelompok CLAHE ( $ICC = 0,890 \pm 0,554$ ,  $p < 0,05$ ) memiliki re-produktivitas tertinggi dibandingkan dengan fitur yang diekstraksi dari kelompok AHE ( $ICC = 0,850 \pm 0,933$ ,

$p < 0,05$ ) dan delineasi manual ( $ICC = 0,673 \pm 0,807$ ,  $p > 0,05$ ). Hasil pengujian menyatakan CLAHE lebih bagus dibandingkan dengan AHE dan kelompok manual. Metode ini harus diterapkan untuk memprediksi hasil pada pasien dengan kanker payudara [14].

Penelitian melakukan 2 pendekatan yaitu menggunakan CLAHE-interpolasi dan interpolasi-CLAHE. Hasil yang terbaik ditunjukkan oleh interpolasi-CLAHE. Hasil dimanfaatkan untuk resolusi dan peningkatan kualitas visual gambar berkualitas rendah dan resolusi rendah [15].

Penelitian untuk identifikasi penggunaan arsitektur *learning transfer* dalam pendeteksian COVID-19 dari pindai *Computerized Tomography* paru-paru. Kajian ini mengevaluasi kerangka kerja berbasis pembelajaran transfer merupakan alternatif metode kontemporer yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan virus pada pasien. Model berperforma tertinggi, VGG-19 yang diimplementasikan dengan CLAHE, pada *dataset* SARS-COV-2, mencapai akurasi dan *recall* masing-masing sebesar 95,75% dan 97,13% [16].

Penelitian peningkatan kualitas gambar di bawah air laut. Teknik ini pencocokan citra untuk menentukan titik kunci dari pasangan citra diperlukan dalam penelitian rekonstruksi tiga dimensi. Teknik *Speeded Ups Robust Features* (SURF) adalah teknik perbandingan gambar yang hasil perbandingannya sangat bergantung pada kualitas gambar. Penelitian ini mengusulkan metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) untuk meningkatkan jumlah pencocokan citra dengan SURF. Hasil percobaan menunjukkan bahwa image matching meningkat rata-rata sebesar 76,8 % [17].

Penelitian analisis perbandingan nilai MSE dan PSNR terhadap *X-Ray* COVID-19, Pneumonia dan Normal dengan menggunakan dua metode CLAHE dan HE dapat disimpulkan bahwa metode CLAHE mampu memberikan citra yang lebih jelas pada citra *X-Ray* COVID-19, *X-Ray* Pneumonia, dan *X-Ray* Normal dibandingkan dengan metode HE [18].

Rumah sakit Bhayangkara kota Padang hanya memiliki alat *rontgen* (*X-Ray*) untuk memeriksa *thorax* pasien penderita COVID-19. Selama pandemi banyak pasien yang memeriksakan diri untuk pengecekan *rontgen thorax*. Rumah sakit ini menjadi satu-satunya rujukan fasilitas kesehatan untuk anggota kepolisian wilayah Sumatera Barat. Namun, kualitas citra yang buruk menjadi kendala sehingga perlu ditingkatkan kualitasnya. Kualitas citra yang optimal memudahkan para dokter untuk melakukan membantu dokter dalam meningkatkan akurasi pendeteksian penyakit COVID-19 di organ paru-paru. Metode CLAHE digunakan untuk mengkontribusikan cabang ilmu pengolahan citra untuk pemrosesan gambar seperti citra medis. CLAHE diperlukan untuk meningkatkan kualitas citra *thorax X-Ray* pasien COVID-19 yang buruk.

## 2. Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian dibuat untuk memudahkan penulis dalam melakukan penelitian agar lebih mudah dipahami dan tidak keluar dari pokok pembahasan. Langkah-langkah yang dibuat dalam kerangka kerja penelitian disusun secara sistematis guna menyelesaikan permasalahan yang ada seperti pada Gambar 1. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan yaitu:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

### 1. Mengidentifikasi Masalah Citra Thorax X-Ray

Rumah sakit Bhayangkara kota Padang hanya mempunyai alat *rontgen* untuk pengecekan *thorax* paru-paru. Namun, kualitas citra yang *rontgen* yang kurang bagus secara visual. Hal menjadi kendala ketika pendeteksian penyakit sehingga perlu ditingkatkan kualitasnya

### 2. Menganalisis Masalah Citra Thorax X-Ray

Kualitas kontras citra yang kurang baik dikarenakan kurangnya kontras hasil citra alat *rontgen*. Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode untuk memperbaiki kekurangan tersebut yakni CLAHE.

### 3. Menentukan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin diwujudkan yaitu, berkontribusi cabang ilmu pengolahan citra untuk pemrosesan gambar seperti citra medis, meningkatkan kualitas citra *thorax X-Ray* pasien COVID-19 yang buruk dengan metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE).

### 4. Mempelajari Literatur tentang CLAHE

Peneliti mempelajari literatur, artikel dari jurnal berkualitas dan terakreditasi yang dijadikan referensi.

### 5. Mengumpulkan Data dan Informasi Objek Penelitian

Penelitian bersumber departemen radiologi rumah sakit Bhayangkara kota Padang. Penelitian menggunakan data sekunder. Data diperoleh dari wawancara dan hasil dokumentasi alat *rontgen X-Ray*. Dokumentasi berupa citra *thorax X-Ray* pasien COVID-19 dengan

100 sampel. Sampel didapatkan melalui mesin *X-Ray* merek DR-GEM GXR-52S dengan tipe DXT-12, no seri M1903011. Hasil file dari mesin *X-Ray* berupa DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*).

### 6. Menganalisis dan Perancangan Aplikasi CLAHE

Menganalisis kebutuhan aplikasi dan mendesain aplikasi. Aplikasi digunakan untuk membantu mengidentifikasi citra *thorax* pasien COVID-19 dengan metode CLAHE. Aplikasi dibuat dengan dukungan *software* Matlab R2015a.

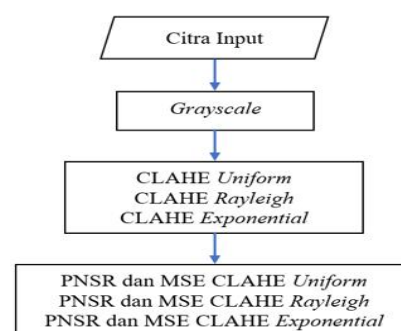
### 7. Identifikasi Citra X-Ray Thorax dengan CLAHE

Citra medis dilakukan pemrosesan sehingga menghasilkan *image* baru dengan kualitas yang berbeda. Tahapan ini melakukan langkah-langkah pengecekan citra dengan metode CLAHE dengan aplikasi yang telah dibuat dengan bantuan *software* Matlab. Citra yang diinput berupa *file* dengan ekstensi *Bitmap* (\*.bmp). Format DICOM diekspor ke dalam bentuk BMP melalui aplikasi MicroDicom. Citra yang dibaca dan ditampilkan berupa *file Bitmap* tersebut kemudian dikonversi menjadi bentuk *grayscale* (citra keabu-abuan). Tujuan mengubah menjadi *grayscale* adalah untuk menyederhanakan model citra karena citra berwarna terdiri dari matriks 3 layer, yaitu *R-layer*, *G-layer* dan *B-layer* [19]. Rumus untuk mengubah citra ke bentuk *grayscale* (keabu-abuan) disajikan pada Persamaan 1.

$$I = 0,2989 M + 0,5870 H + 0,1141 B \quad (1)$$

Dimana M adalah nilai skala merah, H nilai skala hijau, dan B nilai skala biru [20].

Matlab rumus tersebut telah dikonversi menjadi *syntax* yang baku yaitu *syntax rgb2gray*. *Syntax* ini mengubah secara otomatis citra menjadi citra abu-abu dengan nilai parameter sesuai rumus Persamaan 1 [21].



Gambar 2. Proses CLAHE

Selanjutnya, menghitung CLAHE menggunakan rumus Persamaan 2.

$$\beta = \frac{p}{q} \left( 1 + \frac{\alpha}{100} S_{\max} \right) \quad (2)$$

Dimana  $\beta$  adalah hasil CLAHE,  $p$  adalah jumlah piksel di setiap blok,  $q$  adalah rentang dinamis di blok

ini,  $S_{max}$  adalah kemiringan maksimum, dan  $\alpha$  adalah faktor klip [22].

CLAHE dengan menggunakan *syntax* pada Matlab yaitu *adapthisteq* dengan parameter *clipLimit* yang telah ditentukan. Batasan *clip limit* yang dipakai adalah 0.02.

$J = \text{adapthisteq}(I, 'clipLimit', valueClipLimit, 'Distribution', 'type distribution');$

dimana  $J$  adalah citra CLAHE,  $I$  adalah citra *grayscale*, *ClipLimit* adalah faktor kontras yang mencegah saturasi gambar yang berlebihan khususnya di area yang homogen, *valueClipLimit* adalah nilai *clip limit* (nilai default-nya 0.01), *Distribution* adalah bentuk *histogram* yang diinginkan, *type distribution* adalah jenis tipe *histogram* (*Uniform*, *Rayleigh*, *Exponential*)

Hasil *syntax grayscale* dan CLAHE diinterpretasikan kedalam Algoritma 1.

#### Algoritma 1. Program CLAHE

**Input:** original citra

**Output:** CLAHE citra

1. Proses grayscale dengan *rgb2gray*.
2. Histogram grayscale dan *show rgb2gray* citra
3.  $U = \text{adapthisteq}(ImageAbu, 'clipLimit', 0.02, 'Distribution', 'uniform');$
4.  $R = \text{adapthisteq}(ImageAbu, 'clipLimit', 0.02, 'Distribution', 'rayleigh');$
5.  $E = \text{adapthisteq}(ImageAbu, 'clipLimit', 0.02, 'Distribution', 'exponential');$

#### 8. Pengujian Hasil Citra CLAHE

Pengujian dilakukan dengan menggunakan parameter PSNR dan MSE dengan rumus persamaan 3 dan Persamaan 4.

$$MSE = \frac{1}{K \cdot L \cdot M} \sum_{x=1}^K \sum_{y=1}^L \sum_{z=1}^M \left[ \left( H_{(x,y,z)} - H'_{(x,y,z)} \right)^2 \right] \quad (3)$$

Dimana MSE adalah *Mean Square Error* citra. Dimana  $K$  dan  $L$  adalah resolusi citra,  $M$  adalah jumlah kanal citra,  $H(x, y, z)$  adalah nilai piksel citra asli pada koordinat  $x$ ,  $y$  dan kanal  $z$ ,  $H'$  adalah citra keluaran/pemrosesan [23].

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{\max^2}{MSE} \right) \quad (4)$$

Dimana PSNR adalah *Peak Signal to Noise Ratio* citra.

Rumus MSE dan PSNR diinterpretasikan pada Algoritma 2.

#### Algoritma 2. Program MSE dan PSNR

**Input:** citra CLAHE, citra grayscale

**Output:** MSE, PSNR

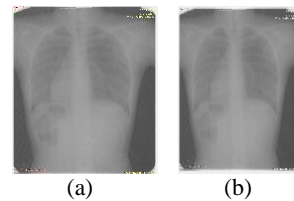
1. MSE dan PSNR CLAHE Uniform  
 $MSE = \text{sum}(\text{sum}((ImageAbu - U).^2)) / (\text{row} * \text{col});$   
 $PSNR = 10 * \log_{10}(256 * 256 / MSE);$
2. MSE dan PSNR CLAHE Rayleigh  
 $MSE = \text{sum}(\text{sum}((ImageAbu - R).^2)) / (\text{row} * \text{col});$   
 $PSNR = 10 * \log_{10}(256 * 256 / MSE);$
3. MSE dan PSNR CLAHE Exponential  
 $MSE = \text{sum}(\text{sum}((ImageAbu - E).^2)) / (\text{row} * \text{col});$   
 $PSNR = 10 * \log_{10}(256 * 256 / MSE);$

#### 9. Hasil dan Pembahasan Citra CLAHE

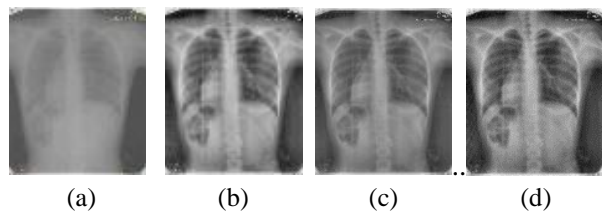
Hasil indentifikasi jika hasil PNSR setelah dilakukan pemrosesan *image* dengan metode CLAHE menunjukan nilai di atas 30 dB maka kualitas citra dikatakan baik dan metode CLAHE efektif meningkatkan kontras citra. Selanjutnya, jika nilai MSE yang dihasilkan semakin rendah dan mendekati 0 (nol), maka akan semakin mirip dengan citra aslinya dan bagus kualitas citra tersebut dan disimpulkan CLAHE berhasil meningkatkan kualitas citra thorax X-Ray.

#### 3. Hasil dan Pembahasan

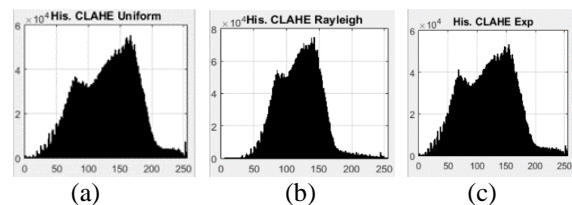
Setelah dilakukan indentifikasi CLAHE, mulai dari citra input, pemrosesan CLAHE dan pengujian dengan parameter MSE dan PNSR maka terlihat perubahan pada citra. Proses input citra kemudian dilanjutkan konversi ke *grayscale*. Hasil ditunjukan pada Gambar 3. Proses grayscale dilanjutkan ke CLAHE. Pada proses CLAHE, citra diolah menjadi 3 tipe distribusi yaitu CLAHE *Uniform*, CLAHE *Rayleigh* dan CLAHE *Exponential*. Hasil Citra CLAHE ditunjukan Gambar 4. Selanjutnya, menampilkan *histogram* masing-masing CLAHE, setiap tipe distribusi yang ditunjukan oleh *histogram* pada Gambar 5. Terakhir, hasil pengujian citra CLAHE dengan parameter MSE dan PNSR pada Tabel 1.



Gambar 3. Proses Grayscale (a) Citra Asli (b) Citra Grayscale



Gambar 4. Proses CLAHE (a) Citra Asli (b) Citra CLAHE Uniform (c) Citra CLAHE Rayleigh (d) Citra CLAHE Exponential



Gambar 5. Histogram CLAHE (a) Histogram CLAHE Uniform (b) Histogram CLAHE Rayleigh (c) Histogram CLAHE Exponential

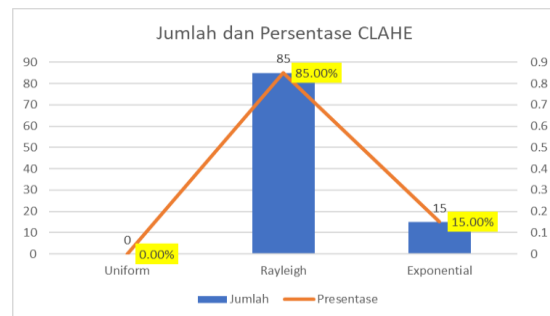


Tabel 1. MSE dan PNSR CLAHE *Uniform, Rayleigh, Exponential*

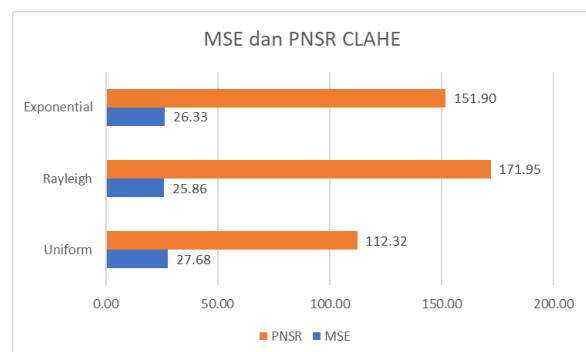
Nama Data (*.bm p)	MSE C. Unif.	MSE C. Ray.	MSE C. Expo.	PNSR C. Unif. (dB)	PNSR C. Rayl. (dB)	PNSR C. Expo. (dB)
p_001	28.36	26.60	26.68	95.55	143.46	140.62
p_002	27.76	25.61	26.40	109.65	180.10	150.21
p_003	27.42	25.32	26.09	118.83	192.44	161.25
p_004	27.99	26.56	26.56	104.12	144.68	144.70
p_005	27.76	25.77	26.37	109.73	173.73	151.20
p_006	27.94	26.06	26.60	105.30	162.33	143.28
p_007	27.23	24.93	25.97	124.09	210.68	165.86
p_008	27.73	26.07	26.47	110.46	161.84	147.69
p_009	26.99	24.95	25.79	131.09	209.54	172.87
p_010	28.06	25.81	26.58	102.55	171.97	144.18
p_011	28.11	25.36	26.42	101.16	190.77	149.54
p_012	27.80	26.16	26.42	108.78	158.84	149.31
p_013	27.28	25.42	26.21	122.50	188.33	156.82
p_014	27.45	25.12	26.09	117.83	201.47	161.21
p_015	27.68	25.44	26.29	111.92	187.19	153.93
p_016	28.17	26.88	26.64	99.81	134.36	141.93
p_017	27.60	25.33	26.26	113.90	191.97	155.09
p_018	27.19	24.59	25.79	125.11	227.79	172.62
p_019	27.93	25.57	26.30	105.64	181.84	153.47
p_020	27.63	25.07	26.11	113.05	203.92	160.40
p_021	28.06	26.15	26.50	102.44	158.93	146.84
p_022	27.25	25.12	25.96	123.31	201.69	166.09
p_023	27.31	25.51	26.21	121.83	184.07	156.98
p_024	27.73	25.86	26.45	110.43	169.83	148.51
p_025	27.94	26.07	26.51	105.28	162.08	146.27
p_026	27.55	25.72	26.33	115.21	175.48	152.60
p_027	27.50	25.32	26.26	116.64	192.43	155.15
p_028	27.61	26.07	26.38	113.68	161.98	150.92
p_029	27.26	25.89	26.18	123.18	168.95	157.77
p_030	27.75	26.22	26.38	109.93	156.58	150.85
p_031	27.40	24.83	26.03	119.35	215.33	163.44
p_032	27.34	25.83	26.20	121.04	171.04	157.20
p_033	27.50	26.02	26.29	116.67	163.86	153.99
p_034	27.39	25.42	26.11	119.62	188.21	160.51
p_035	27.23	25.80	26.08	124.01	172.22	161.46
p_036	28.17	26.44	26.53	99.88	148.83	145.84
p_037	28.22	26.97	26.80	98.79	131.67	136.86
p_038	27.59	26.04	26.30	114.23	163.06	153.77
p_039	28.10	27.30	26.71	101.61	122.14	139.79
p_040	28.16	26.76	26.63	100.04	138.06	142.46

Hasil yang diperoleh dari data uji kemudian dilaksanakan pengujian tingkat akurasi. Hasil citra dengan metode CLAHE menunjukkan peningkatan kualitas. Citra yang kurang jelas kontras menjadi terlihat jelas secara penginderaan visual. Citra *histogram* masing-masing CLAHE mengalami pemerataan dari nilai 0 hingga 255 yang terlihat pada citra hasil *histogram* pada Gambar 5. Hasil pengolahan citra CLAHE menunjukkan 100 sampel citra *thorax* pasien COVID-19 berhasil ditingkatkan kualitas kontrasnya. Hal ini dibuktikan dengan nilai MSE mendekati nol dan nilai PNSR yang melebihi 30 dB pada Tabel 1. Tabel 1 menyajikan 40 sampel dari 100 sampel data yang diolah. Hasil rata-rata MSE dari 100 sampel mulai dari CLAHE *Uniform, Rayleigh, Exponential* dan berturut-turut adalah sebagai berikut 27.68, 25.86 dan 26.33. Hasil rata-rata PNSR dari 100 sampel CLAHE *Uniform, Rayleigh, Exponential* berturut-turut adalah sebagai berikut 112.32, 171.95 dan 151.90. Berdasarkan hasil rata-rata MSE dan PNSR maka CLAHE *Rayleigh* merupakan CLAHE yang terbaik yang berdasarkan Tabel 1 Gambar 7. Hasil uji data 100

sampel maka 85 sampel citra menyatakan hasil pengolahan CLAHE *Rayleigh* dengan nilai MSE dan PNSR terbaik, 15 sampel menyatakan hasil pengolahan dengan CLAHE *Exponential* dengan nilai MSE dan PNSR terbaik dan 0 sampel citra CLAHE *Uniform*. Hasil secara persentase adalah 0% CLAHE *Uniform*, 85% CLAHE *Rayleigh* dan 15% CLAHE *Exponential*. CLAHE *Rayleigh* memberikan hasil terbaik secara kualitas dan kuantitas dengan akurasi 85%. CLAHE *Rayleigh* menjadi paling baik dipakai untuk meningkatkan kontras citra *thorax X-Ray* pasien COVID-19. Hasil kuantitas dan persentase akurasi disajikan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Jumlah dan Presentase CLAHE



Gambar 7. Rata-rata MSE dan PNSR CLAHE

Berdasarkan hasil pengujian citra, metode CLAHE layak dan efektif untuk meningkatkan kontras citra *thorax* pasien COVID-19. Hal tersebut terlihat dari citra setelah proses CLAHE menjadi jelas daripada citra aslinya dan terjadi pemerataan *histogram* citra. Hasil MSE mendekati 0 dan nilai PNSR >30 dB menjadi indikator keberhasilan metode CLAHE meningkatkan kualitas citra *thorax X-Ray* pasien COVID-19.

#### 4. Kesimpulan

CLAHE efektif meningkatkan kualitas citra *thorax* pasien COVID-19 dengan menaikkan kontrasnya. Hal ini membantu melihat secara jelas untuk pendeteksian penyakit. Citra hasil CLAHE yang semakin jelas secara visual dibandingkan dengan citra aslinya. Hasil MSE citra CLAHE bertipe *Uniform, Rayleigh* dan *Exponential* mendekati 0 dan hasil PNSR >30 dB yang berarti citra yang dihasilkan bagus dan mirip dengan aslinya. Nilai MSE dan PNSR CLAHE *Rayleigh* adalah

yang paling baik dibandingkan dengan CLAHE bertipe *Uniform* dan *Exponential* dengan akurasi 85%.

## Daftar Rujukan

- [1] Guan, W.-jie, Ni, Z.-yi, Hu, Y., Liang, W.-hua, Ou, C.-quan, He, J.-xing, Liu, L., Shan, H., Lei, C.-liang, Hui, D. S. C., Du, B., Li, L.-juan, Zeng, G., Yuen, K.-Y., Chen, R.-chong, Tang, C.-li, Wang, T., Chen, P.-yan, Xiang, J., ... Zhong, N.-shan. (2020). Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *New England Journal of Medicine*, 382(18), 1708–1720. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2002032>
- [2] Wu, Y.-C., Chen, C.-S., & Chan, Y.-J. (2020). The Outbreak of COVID-19: An Overview. *Journal of the Chinese Medical Association*, 83(3), 217–220. <https://doi.org/10.1097/jcma.0000000000000270>
- [3] Sharma, A., Tiwari, S., Deb, M. K., & Marty, J. L. (2020). Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2 (Sars-Cov-2): A Global Pandemic and Treatment Strategies. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 56(2), 106054. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.106054>
- [4] Rahaman, M. M., Li, C., Yao, Y., Kulwa, F., Rahman, M. A., Wang, Q., Qi, S., Kong, F., Zhu, X., & Zhao, X. (2020). Identification Of Covid-19 Samples From Chest X-Ray Images Using Deep Learning: A Comparison Of Transfer Learning Approaches. *Journal of X-Ray Science and Technology*, 28(5), 821–839. <https://doi.org/10.3233/xst-200715>
- [5] Singhal, T. (2020). A Review of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *The Indian Journal of Pediatrics*, 87(4), 281–286. <https://doi.org/10.1007/s12098-020-03263-6>
- [6] Anka, A. U., Tahir, M. I., Abubakar, S. D., Alsabbagh, M., Zian, Z., Hamedifar, H., Sabzevari, A., & Azizi, G. (2020). Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): An Overview of The Immunopathology, Serological Diagnosis and Management. *Scandinavian Journal of Immunology*, 93(4). <https://doi.org/10.1111/sji.12998>
- [7] Hwang, E. J., Kim, K. B., Kim, J. Y., Lim, J.-K., Nam, J. G., Choi, H., Kim, H., Yoon, S. H., Goo, J. M., & Park, C. M. (2021). COVID-19 Pneumonia on Chest X-Rays: Performance of A Deep Learning-Based Computer-Aided Detection System. *Plos One*, 16(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252440>
- [8] Yasin, R., & Gouda, W. (2020). Chest X-Ray Findings Monitoring Covid-19 Disease Course and Severity. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, 51(1). <https://doi.org/10.1186/s43055-020-00296-x>
- [9] Stogiannos, N., Fotopoulos, D., Woznitza, N., & Malamateniou, C. (2020). Covid-19 in The Radiology Department: What Radiographers Need to Know. *Radiography*, 26(3), 254–263. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.05.012>
- [10] Maysanjaya, I. M. (2020). Klasifikasi Pneumonia pada Citra X-Rays Paru-Paru dengan Convolutional Neural Network. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 9(2), 190–195. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v9i2.66>
- [11] dos Santos, J. C., Carrijo, G. A., de Fátima dos Santos Cardoso, C., Ferreira, J. C., Sousa, P. M., & Patrocínio, A. C. (2020). Fundus Image Quality Enhancement for Blood Vessel Detection Via A Neural Network Using CLAHE and Wiener Filter. *Research on Biomedical Engineering*, 36(2), 107–119. <https://doi.org/10.1007/s42600-020-00046-y>
- [12] Campos, G. F., Mastelini, S. M., Aguiar, G. J., Mantovani, R. G., Melo, L. F., & Barbon, S. (2019). Machine Learning Hyperparameter Selection for Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2019(1). <https://doi.org/10.1186/s13640-019-0445-4>
- [13] F. Alkhalid, F., Hasan, A. M., & Alhamady, A. A. (2021). Improving Radiographic Image Contrast Using Multi Layers of Histogram Equalization Technique. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 10(1), 151. <https://doi.org/10.11591/ijai.v10.i1.pp151-156>
- [14] Mat Radzi, S. F., Abdul Karim, M. K., Saripan, M. I., Abd Rahman, M. A., Osman, N. H., Dalah, E. Z., & Mohd Noor, N. (2020). Impact of Image Contrast Enhancement on Stability of Radiomics Feature Quantification on A 2D Mammogram Radiograph. *IEEE Access*, 8, 127720–127731. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3008927>
- [15] Aboshosha, S., Zahran, O., Dessouky, M. I., & Abd El-Samie, F. E. (2019). Resolution and Quality Enhancement of Images Using Interpolation and Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization. *Multimedia Tools and Applications*, 78(13), 18751–18786. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-7022-1>
- [16] Lawton, S., & Viriri, S. (2021). Detection of COVID-19 From CT Lung Scans Using Transfer Learning. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2021, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2021/5527923>
- [17] Suharyanto, Hasibuan, Z. A., Andono, P. N., Pujiono, D., & Setiadi, R. I. (2021). Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization for Underwater Image Matching Optimization Use Surf. *Journal of Physics: Conference Series*, 1803(1), 012008. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1803/1/012008>
- [18] S. K. S., Taufik, I., Dharma, D. F., & Hidayat, M. (2021). Analisis Perbaikan Kualitas Citra Menggunakan CLAHE dan HE Pada Citra X-Ray Covid-19 dan Pneumonia. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 6(2), 97–104. <https://doi.org/10.31294/ijcit.v6i2.10855>
- [19] Wilianti, A. S., & Agoes, S. (2019). Pengolahan Citra untuk Perbaikan Kualitas Citra Sinar-X Dental Menggunakan Metode Filtering. *Jetri : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 17(1), 31. <https://doi.org/10.25105/jetri.v17i1.4492>
- [20] Sumijan, S. S., Purnama, A. W., & Arlis, S. (2019). Peningkatan Kualitas Citra CT-Scan Dengan Penggabungan Metode Filter Gaussian dan Filter Median. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(6), 591. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201966870>
- [21] Hapsari, R. K., Utoyo, M. I., Rulaningtyas, R., & Suprajitno, H. (2020). Comparison of Histogram Based Image Enhancement Methods on Iris Images. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569, 022002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/2/022002>
- [22] Setiawan, I., Dewanta, W., Nugroho, H. A., & Supriyono, H. (2019). Pengolah Citra Dengan Metode Thresholding Dengan Matlab R2014a. *Jurnal Media Infotama*, 15(2). <https://doi.org/10.37676/jmi.v15i2.868>
- [23] Setiadi, D. R. (2020). PSNR vs SSIM: Imperceptibility Quality Assessment for Image Steganography. *Multimedia Tools and Applications*, 80(6), 8423–8444. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10035-z>