

# ANALISIS KOMPARATIF CITRA X-RAY PARU-PARU PASIEN COVID-19 METODE *HISTOGRAM EQUALIZATION* DAN *CONTRAST LIMIT ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION* BERBASIS GUI MATLAB

Fifin Dewi Ratnasari \*, Nida Rihadatul Aisy Nahdah

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

\*Corresponding author: fifin\_fisika@mail.unnes.ac.id

## ABSTRAK

Pandemi COVID-19 menyebar secara global dan cepat, mengakibatkan banyaknya kasus baru per harinya serta tingginya angka kematian. Tindakan diagnosis melalui pencitraan medis perlu dilakukan sedini mungkin agar pasien COVID-19 dapat segera mendapatkan penanganan serta perawatan intensif. Tenaga medis memerlukan citra dengan visual serta kualitas yang baik untuk memudahkan dalam mengamati citra paru paru dengan jelas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra X-ray paru-paru pasien COVID-19. Selain itu, penelitian ini bertujuan membandingkan antara dua pendekatan image enhancement yaitu *Histogram Equalization (HE)* dan *Contrast Limit Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)*. Metode CLAHE berdasarkan tipe distribusi histogram dibagi menjadi tiga tipe yaitu Uniform, Rayleigh, dan Exponential. Seluruh sampel citra X-ray paru-paru yang berjumlah 50 citra diolah menggunakan aplikasi GUI matlab. Selain itu, perhitungan analisis kuantitatif didasarkan pada dua indikator keberhasilan. Parameter untuk menentukan tingkat keberhasilan image enhancement adalah Mean Square Error (MSE) dan Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR). Berdasarkan uji analisis kuantitatifnya, metode HE memiliki nilai rata rata MSE dan PSNRnya adalah 0,62517 dan 54,8312 dB. Pada metode CLAHE nilai rata rata MSE adalah 0,10867, 0,001799147 dan 0,15456 sementara nilai rata rata PSNR secara berturut-turut adalah 58,5677 dB, 79,5269 dB, dan 56,928 dB. Berdasarkan hasil tersebut, metode CLAHE mampu meningkatkan kualitas citra lebih besar dibandingkan dengan metode HE. Pada metode CLAHE, tipe distribusi Rayleigh memiliki nilai MSE dan PSNR paling tinggi dibandingkan tipe distribusi Uniform serta Exponential. Berdasarkan hasil tersebut, penelitian ini bermanfaat dalam memberikan informasi umum mengenai pencitraan medis paru paru COVID-19. Selain itu, penelitian ini juga membantu tenaga medis agar dapat mendiagnosis pasien dengan lebih akurat.

Kata kunci: COVID-19, X-ray paru – paru, HE, CLAHE.

## PENDAHULUAN

Sindrom penyakit akut pernapasan corona virus 2 (SARS-Co V-2) atau yang lebih dikenal dengan nama penyakit coronavirus 2019 (COVID-19) menyebar pertama kali di wilayah Hunan, provinsi Hubei, China pada bulan Desember 2019 (Baloch *et al.*, 2020). Diawali dengan salah satu rumah sakit lokal di Hunan yang melaporkan kasus pasien dengan keluhan sakit pneumonia yang sama tanpa diketahui penyebabnya. Pada tanggal 31 Desember 2019, pihak pemerintah China mengumumkan COVID 19 sebagai pandemi kepada pihak *World Health Organization* (Singhal, 2020). Penyakit ini memiliki beberapa kesamaan gejala seperti demam tinggi, nyeri dada, pusing kepala, batuk kering, sakit tenggorokan

dan beberapa gejala penyakit pernapasan lainnya (Huang *et al.*, 2020). Penyebaran yang cepat disebabkan karena penyakit ini menular melalui interaksi kontak antar manusia sehingga kasus kematian kian meningkat tak terkecuali Indonesia (Ahmad, 2020). Terhitung sejak 3 Maret 2020 hingga 7 Juni 2020, total kasus yang terkonfirmasi akibat COVID-19 sejumlah 39.294 kasus dengan angka kematian mencapai 2.198. Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta (DKI Jakarta) menjadi episentrum penularan wabah COVID-19 yang menyumbang setengah dari jumlah kasus di Indonesia (Olivia *et al.*, 2020).

Tidak hanya berhenti di tahun 2020, Indonesia mengalami pandemi gelombang kedua akibat dari COVID-19 varian delta (Haryono *et al.*, 2022). Pada pertengahan bulan Juli 2021, puncak kasus baru per hari-nya mencapai angka rata rata sebesar 44,826 kasus. Sementara itu, puncak kasus kematian menyentuh angka rata rata lebih dari 2000 orang per hari pada akhir juli 2021 (Aditama, 2022). Selama pertengahan bulan Juli, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) adalah daerah dengan jumlah kematian tertinggi per 100.000 penduduk kemudian diikuti dengan daerah DKI Jakarta dan Kalimantan timur (Aditama, 2022). Berdasarkan data statistik terbaru dari *World Health Organization* (WHO) sejak 3 Januari 2020 hingga 7 Juli 2022, total kasus yang terkonfirmasi adalah 6.103.552 sedangkan jumlah angka kematian mencapai 156.776 jiwa (WHO, 2021).

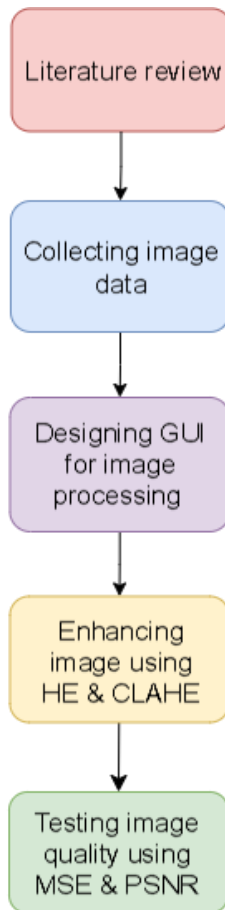
Penyebaran wabah pandemic yang sangat cepat menyebabkan perlunya tindakan diagnosis medis sedini mungkin (Aljondi *et al.*, 2020). Salah satu instrumen citra medis yaitu radiografi khususnya X-ray dan Computed tomografi (CT) menjadi diagnostik alternatif penyakit paru paru seperti pneumonia, tuberculosis dan COVID 19 (Stogiannos *et al.*, 2020). Hal tersebut diyakini dapat meningkatkan peluang kesuksesan dalam perawatan pasien COVID-19 serta mereduksi penyebaran penyakit menular COVID-19 di dalam masyarakat (Varadarajan *et al.*, 2021). Kualitas serta visual citra X-ray yang jelas dan optimal dapat memudahkan tenaga medis dalam mengamati keadaan paru paru pasien. Peningkatan kualitas citra X-ray dapat dilakukan dengan salah satu metode *image enhancement* yaitu *Histogram Equalization* (HE), *Adaptive Histogram Equalization* (AHE), *Contrast Limit Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE) dan sebagainya (Shyni *et al.*, 2022). Metode CLAHE merupakan modifikasi lanjut

dari metode AHE serta metode ini sangat populer untuk digunakan dalam perbaikan kualitas citra. Metode CLAHE memiliki kemampuan dalam meningkatkan jumlah kontras sesuai wilayah yang dipilih dengan memperhatikan clip limit serta distribusi histogramnya (Rahman *et al.*, 2021).

Beberapa penelitian mengenai metode HE dan CLAHE telah banyak diaplikasikan dalam bidang *medical image enhancement*. Penelitian (Vidyasaraswathi *et al.*, 2020) dapat memberikan visual dengan resolusi tinggi serta mampu mengenali *White Matter Hyperintensities* (WMH). Studi tersebut menerapkan teknik *image enhancement* algoritma baru yang berbasis pada HE yaitu *Grey Wolf Optimization Histogram Equalization* (GWOHE) pada citra MRI otak. Penelitian Rahmi-Fajrin *et al* (2018) menggunakan CLAHE untuk mereduksi *noise*, mengoptimalkan kontras serta kecerahan citra pada citra radiografi dental. Berdasarkan penelitian tersebut memperoleh hasil nilai MSE dan PSNR sebesar 10,66326 dan 38,00736. Selain itu, penggunaan CLAHE juga diterapkan pada citra mammogram untuk mengidentifikasi penyakit kanker payudara (Mat Radzi *et al.*, 2020). Tidak hanya otak, payudara, dan gigi, kedua metode tersebut juga dapat diterapkan pada citra radiografi thoraks. Studi oleh Putra *et al* (2022) meningkatkan kualitas citra thoraks pasien COVID-19 yang berjumlah 100 citra menggunakan metode CLAHE. Berdasarkan hasil nilai MSE dan PSNR, metode CLAHE dengan tipe distribusi rayleigh menghasilkan nilai yang paling tinggi. Saputra *et al* (2021) membandingkan antara metode HE dan CLAHE pada citra X-ray paru paru COVID-19 dan pneumonia. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa metode CLAHE mampu meningkatkan kualitas citra lebih baik daripada metode HE. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah diungkapkan, maka tujuan penelitian ini adalah mengetahui perbandingan kualitas citra X-ray paru paru pasien COVID-19 antara metode *image enhancement* HE dan CLAHE berbasis GUI Matlab.

## **METODE**

Tahapan penelitian disusun dengan menggunakan diagram alir agar lebih terstruktur. Diagram alur berfungsi untuk memperjelas langkah kerja suatu proses penelitian untuk dapat mudah dimengerti. Diagram alur dari tahapan penelitian tersusun dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir tahapan.

### **A. Tahap Pengkajian Literatur**

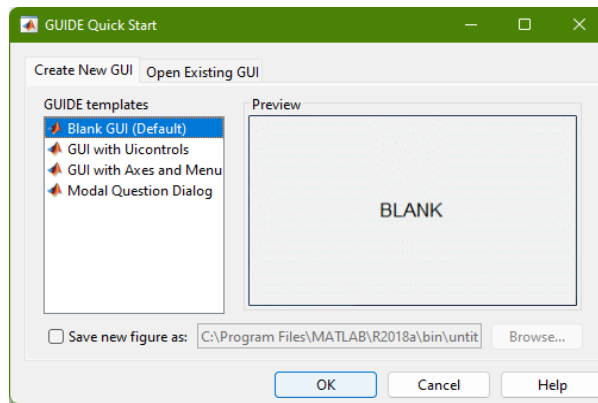
Peneliti mengkaji literatur tentang topik permasalahan peningkatan kualitas citra X-ray paru paru COVID-19 pada beberapa sumber referensi seperti *open access* artikel pada berbagai jurnal berkualitas yang diakses secara online melalui *google scholar*

### **B. Tahap Pengumpulan Data Citra**

Penelitian ini menggunakan data citra X-ray pasien COVID-19 berjumlah 50 buah. Data tersebut merupakan citra RGB (Red, Green, Blue) berformat \*.jpg atau \*.png yang berasal dari situs github repository serta kaggle. Situs tersebut menyediakan koleksi data citra dari X-ray paru paru dan CT-scan pasien positif dan terindikasi COVID-19 yang dapat diakses secara gratis oleh seluruh kalangan (Paul *et al.*, 2020).

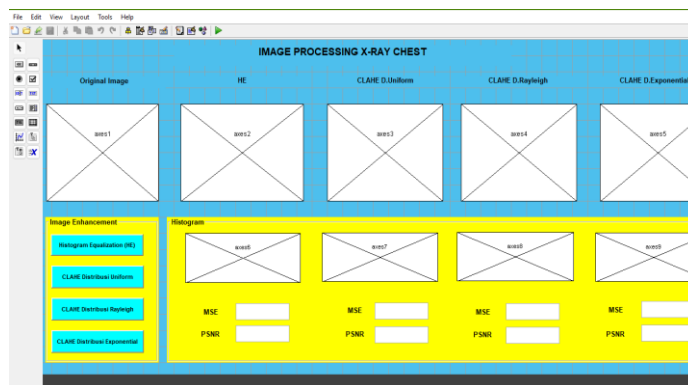
### C. Tahap Perancangan Desain Aplikasi Pengolah Citra

Peneliti merancang dan mendesain aplikasi pengolahan citra melalui software GUI Matlab 2018a. *Graphical User Interface* (GUI) merupakan salah satu fitur matlab yang digunakan untuk memproses dan memodifikasi citra seperti *image display*, *image filtering* dan sebagainya (Hadi *et al.*, 2013). Untuk memulai fitur tersebut dapat dilakukan dengan mengetik “guide” pada *command line* atau menekan menu dengan memilih MATLAB > GUIDE (GUI Builder) (Hassan *et al.*, 2015). Pada layar desktop akan tampak kotak dialog seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan kotak dialog GUI blank function file.

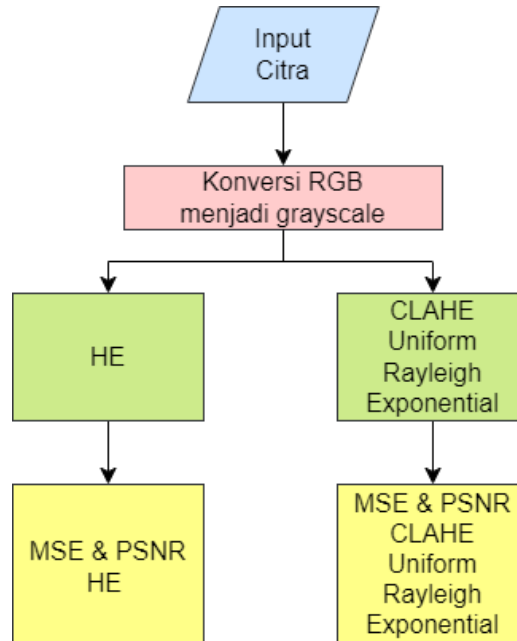
Fitur GUI *layout editor* berfungsi sebagai tempat mengedit komponen GUI seperti *axes* sebagai tempat penampil citra, *button* untuk menjalankan fungsi, *text* untuk membuat tulisan atau judul, dan sebagainya. Selain itu, GUI juga menyediakan *toolbar editor* untuk fitur *open file*, *save*, *zoom in*, serta *zoom out* (Hadi *et al.*, 2013). Gambar 3 merupakan tampilan editornya yang digunakan untuk merancang aplikasi pengolah citra berbasis GUI matlab.



Gambar 3. Tampilan GUI *layout editor* pengolah citra X-ray paru-paru.

#### D. Tahap Pengolahan Data Citra

Teknik *image enhancement* yang digunakan untuk meningkatkan kontras pada citra X-ray adalah HE dan CLAHE. Tahap *image processing* dijabarkan dengan algoritma pemrograman seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alur tahap pengolahan citra.

Pada tahap awal, citra berupa file dengan format \*.jpg atau \*.png diinput pada GUI melalui komponen axes. Sebelum ditampilkan, citra perlu dikonversi menggunakan *syntax rgb2gray* untuk mengubah citra menjadi bentuk citra keabuan (*grayscale*) Tujuan konversi tersebut adalah untuk menyederhanakan citra sehingga hanya memiliki satu layer warna. Selanjutnya, proses inti pada tahap *image processing* adalah meningkatkan kontras citra menggunakan dua teknik yaitu HE dan CLAHE. Pada teknik HE, *syntax* matlabnya adalah *histeq* yang tersusun dalam Algoritma 1 yang terdapat pada Gambar 5.

```

Algoritma 1 Program HE dengan menggunakan GUI matlab
Input: Citra grayscale
Output: Citra HE
a. Syntax untuk menginput citra grayscale
img_gray=getappdata(handles.figure1,'img');
b. Syntax untuk meningkatkan kontras pada citra grayscale dengan HE
img_histeq=histeq(img_gray);
c. Syntax untuk menampilkan citra keluaran HE
axes(handles.axes2)
imshow(img_histeq)
d. Syntax untuk menampilkan histogram pada program
axes(handles.axes6)
imhist(img_histeq)

```

Gambar 5. Algoritma 1.

Dimana `img_histeq` adalah hasil citra HE sementara `img_gray` adalah citra grayscale.

Pada teknik CLAHE, syntax yang digunakan adalah `adapthisteq` dengan parameter clip limit yang dibatasi sebesar 0,02 serta tipe distribusi histogramnya. Untuk tipe distribusi histogram CLAHE terdiri dari 3 distribusi yaitu Uniform, Rayleigh dan Exponential. Algoritma dari citra *grayscale* beserta teknik CLAHE tersusun dalam Algoritma 2 yang terdapat pada Gambar 6.

```

Algoritma 2 Program CLAHE dengan menggunakan GUI matlab
Input : Citra grayscale
Output : Citra CLAHE
a. Syntax untuk menginput citra grayscale
img_gray=getappdata(handles.figure1,'img');
b. Syntax untuk meningkatkan kontras pada citra grayscale denga CLAHE distribusi histogram uniform
img_U=adapthisteq(img_gray,'clipLimit',0.02,'distribution','uniform');
c. Syntax untuk meningkatkan kontras pada citra grayscale denga CLAHE distribusi histogram Rayleigh
img_R=adapthisteq(img_gray,'clipLimit',0.02,'distribution','rayleigh');
d. Syntax untuk meningkatkan kontras pada citra grayscale denga CLAHE distribusi histogram exponential
img_E=adapthisteq(img_gray,'clipLimit',0.02,'distribution','exponential')

```

Gambar 6. Algoritma 2.

Dimana untuk `img_U` adalah citra hasil CLAHE dengan distribusi Uniform, `img_R` adalah citra hasil CLAHE dengan distribusi Rayleigh, dan `img_E` adalah citra hasil CLAHE dengan distribusi Exponential.

### E. Tahap Pengujian Hasil Citra Setelah Diolah

Tahap pengujian hasil citra didasarkan pada dua parameter pengukuran kualitas citra yaitu MSE dan PSNR. Perhitungan MSE dan PSNR pada teknik HE dalam matlab dituliskan dalam Algoritma 3 yang sesuai pada Gambar 7.

```
Algorithm 3 Program MSE dan PSNR citra HE
Input : Citra HE
Output : MSE dan PSNR
MSE dan PSNR citra HE
[row,col,~] = size(img_gray);
MSE=sum(sum(img_gray-img_histeq.^2))/(row*col);
PSNR=10*log10(256*256/MSE);
```

Gambar 7. Algoritma 3

Perhitungan MSE dan PSNR pada teknik CLAHE dalam matlab dituliskan dalam Algoritma 4 sesuai pada Gambar 8.

```
Algorithm 4 Program MSE dan PSNR citra CLAHE
Input : Citra HE
Output : MSE dan PSNR
MSE dan PSNR citra CLAHE distribusi uniform
[row,col,~] = size(img_gray);
MSE=sum(sum(img_gray-img_U.^2))/(row*col);
PSNR=10*log10(256*256/MSE);
MSE dan PSNR citra CLAHE distribusi rayleigh
[row,col,~] = size(img_gray);
MSE=sum(sum(img_gray-img_R.^2))/(row*col);
PSNR=10*log10(256*256/MSE);
MSE dan PSNR citra CLAHE distribusi exponential
[row,col,~] = size(img_gray);
MSE=sum(sum(img_gray-img_E.^2))/(row*col);
PSNR=10*log10(256*256/MSE);
```

Gambar 8. Algoritma 4.

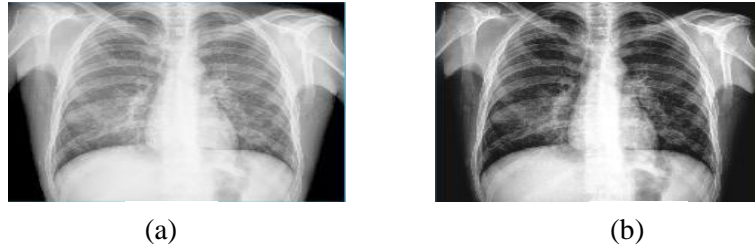
Jika nilai MSE yang dihasilkan semakin mendekati 0 maka tingkat kemiripan hasil citra tidak jauh berbeda dari citra aslinya. Sementara untuk nilai PSNR, jika nilainya berada diatas 30 dB maka semakin bagus kualitas citranya (Tinaliah *et al.*, 2020).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

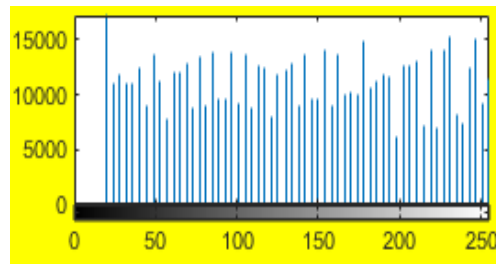
Tahap awal pengolahan citra adalah konversi citra kemudian dilanjutkan teknik *enhancement* dengan metode HE dan CLAHE. Pada tahap *image pre-processing*, citra RGB dari X-ray paru paru dikonversi menjadi citra grayscale yang hanya



memiliki satu layer warna yaitu keabu-abuan. Pendekatan pertama, perbaikan kualitas citra X-ray paru paru pasien COVID-19 dilakukan dengan teknik HE. Sampel hasil citra setelah ditingkatkan kontrasnya dengan HE beserta histogramnya dapat dilihat melalui Gambar 9 dan Gambar 10.

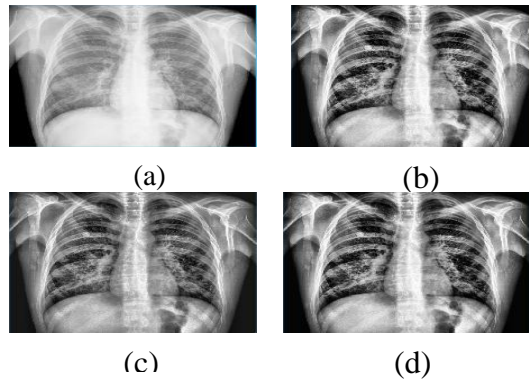


Gambar 9. Tahap image processing dengan metode HE (a) citra grayscale dan (b) citra HE.

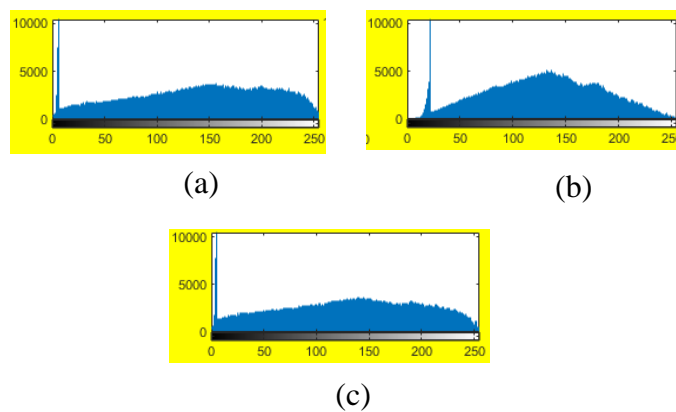


Gambar 10. Histogram citra dengan metode HE.

Pendekatan kedua yaitu peningkatan kualitas citra X-ray paru-paru pasien COVID-19 dengan menggunakan teknik CLAHE. Teknik tersebut membagi distribusi histogramnya menjadi tiga tipe yaitu Uniform, Rayleigh dan Exponential. Gambar 9 menampilkan sampel hasil peningkatan kualitas citra menggunakan CLAHE dengan tiga tipe distribusinya. Hasil histogram citra X-ray paru paru pasien COVID-19 dengan menggunakan metode CLAHE distribusi uniform, Rayleigh, dan exponential ditunjukkan oleh Gambar 11 serta histogramnya ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 11. *Image processing* dengan metode CLAHE: (a) citra *grayscale*, (b) distribusi *uniform*, (c) distribusi *Rayleigh*, (d) distribusi *exponential*.

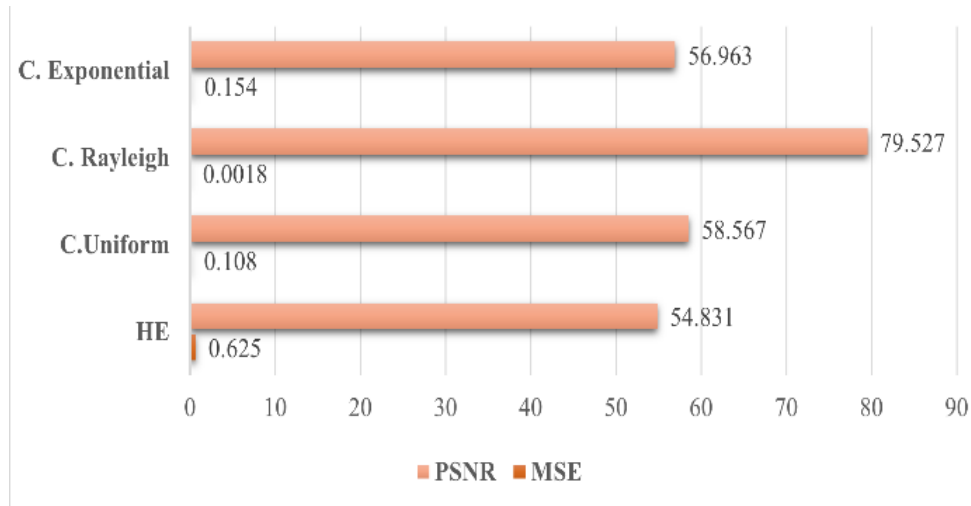


Gambar 12. Histogram citra dengan CLAHE: (a) CLAHE distribusi *uniform*, (b) CLAHE distribusi *Rayleigh*, (c) CLAHE distribusi *exponential*.

Untuk menguji keberhasilan kualitas hasil citra X-ray paru paru pasien COVID-19 metode HE dan CLAHE digunakan parameter kalkulasi MSE dan PSNR. Hasil perhitungan nilai rata rata MSE dan PSNR ditunjukkan pada Gambar 13. Pada hasil citra dengan metode HE menunjukkan bahwa citra mengalami perbaikan kontras. Jika dilihat dari persebaran histogramnya dari skala 0 hingga 255 piksel, nilai kontrasnya cenderung rata namun melebar dan merenggang. Berdasarkan hasil uji, nilai rata rata MSE dan PSNR dari metode HE adalah 0.625 dan 54.831 dB.

Pada hasil citra metode CLAHE memiliki tingkat keberhasilan dalam peningkatan kualitas citra yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode HE. Hal tersebut dapat dilihat melalui nilai rata rata MSE dan PSNRnya. Jika dilihat dari pemerataan histogramnya dari skala 0 hingga 255 piksel, nilai kontrasnya terdistribusi dengan merata karena tidak adanya piksel yang melebihi nilai ambang

batas atau clip limit. Dari hasil data pengujian, nilai rata rata MSE metode CLAHE dengan distribusi Uniform, Rayleigh, serta Exponential secara berturut-turut adalah 0.108, 0.0018, 0.154. Sementara itu, nilai rata rata PSNR metode CLAHE secara berturut turut adalah 58.567 dB, 79.527 dB, 56.963 dB.



Gambar 13. Nilai rata-rata MSE dan PSNR

Berdasarkan nilai rata rata MSE dan PSNR, metode CLAHE distribusi Rayleigh memiliki nilai MSE yang mendekati nilai 0 dan nilai PSNR paling tinggi di atas 30 dB dibandingkan distribusi lainnya. Sejalan dengan penelitian Putra *et al* (2022b) dimana metode CLAHE dengan tipe ditribusi Rayleigh memiliki tingkat akurasi tertinggi sebesar 85% dibandingkan tipe distribusi lainnya. Hasil penelitian yang diperoleh Tinaliah et al (2020b) juga mengungkapkan bahwa CLAHE dengan tipe distribusi Rayleigh memiliki nilai PSNR tertinggi sebesar 38. 6642. Semakin tinggi nilai PSNR maka semakin tinggi keberhasilannya dalam meningkatkan kualitas citra. Sementara semakin rendah nilai MSE yang mendekati 0 maka semakin tinggi tingkat akurasi keberhasilannya dalam memperbaiki kualitas citra.

## SIMPULAN

Dilihat dari indikator keberhasilan yaitu MSE dan PSNR, teknik CLAHE dinilai lebih efektif dan signifikan dalam meningkatkan kualitas citra X-ray paru paru pasien COVID-19. Jika dibandingkan dengan dua tipe distribusi metode CLAHE lainnya itu distribusi Uniform dan Exponential, nilai rata rata MSE dan PSNR distribusi Rayleigh adalah yang paling baik sebesar 0.0018 dan 79.527 dB.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, T. Y. (2022). Dua Tahun Pandemi COVID-19. *EJKI*, 10(1). <https://doi.org/10.23886/ejki.10.157.1>.
- Ahmad, S. (2020). A Review of COVID-19 (Coronavirus Disease-2019) Diagnosis, Treatments and Prevention. *Eurasian Journal of Medicine and Oncology*, 4(2), 116–125. <https://doi.org/10.14744/ejmo.2020.90853>.
- Aljondi, R., & Alghamdi, S. (2020). Diagnostic Value of Imaging Modalities for COVID-19: Scoping review. In *Journal of Medical Internet Research* (Vol. 22, Issue 8). JMIR Publications Inc. <https://doi.org/10.2196/19673>.
- Baloch, S., Baloch, M. A., Zheng, T., & Pei, X. (2020). The Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 250(4), 271–278. <https://doi.org/10.1620/tjem.250.271>.
- Dodi Andre Putra, Na` am, J., & Yuhandri. (2022). Identifikasi Objek pada Citra Thorax X-Ray Pasien COVID-19 dengan Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE). *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 33–38. <https://doi.org/10.37034/jidt.v4i1.184>.
- Tinaliah, T., & Elizabeth, T. (2020). Peningkatan Kualitas Citra X-Ray Paru-Paru Pasien Covid-19 Menggunakan Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization. *Jurnal Teknologi Informasi*, 4(2), 345–349.
- Hadi, G. M., & Salman, N. H. (2013). Integrated Image Processing Functions Using MATLAB GUI. *Journal of Advanced Computer Science and Technology Research*, 3(1), 31–38. <https://www.researchgate.net/publication/325539340>.
- Haryono, E., & Yunia Harsari, A. (2022). Taming Two Waves of the Covid-19 Pandemic: The Case of Indonesia. *KnE Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v7i4.10514>.
- Hassan, E., & Aboshgifa, A. (2015). Detecting Brain Tumour from Mri Image Using Matlab GUI Programme. *International Journal of Computer Science & Engineering Survey*, 6(6), 47–60. <https://doi.org/10.5121/ijcses.2015.6604>.
- Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., Zhang, L., Fan, G., Xu, J., Gu, X., Cheng, Z., Yu, T., Xia, J., Wei, Y., Wu, W., Xie, X., Yin, W., Li, H., Liu, M., ... Cao, B. (2020). Clinical Features of Patients Infected with 2019 Novel Coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet*, 395(10223), 497–506. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5).
- Mary Shyni, H., & Chitra, E. (2022). A comparative Study of X-ray and CT Images in COVID-19 Detection Using Image Processing and Deep Learning Techniques. *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update*, 2, 100054. <https://doi.org/10.1016/j.cmpbup.2022.100054>.
- 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>.
- Olivia, S., Gibson, J., & Nasrudin, R. (2020). Indonesia in the Time of Covid-19. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, 56(2), 143–174. <https://doi.org/10.1080/00074918.2020.1798581>.
- J. Paul Cohen, P. Morrison, and L. Dao. (2020) "COVID-19 Image Data Collection." arXiv.
- Rahman, T., Khandakar, A., Qiblawey, Y., Tahir, A., Kiranyaz, S., Abul Kashem, S. Bin, Islam, M. T., Al Maadeed, S., Zughair, S. M., Khan, M. S., & Chowdhury, M. E. H. (2021). Exploring the Effect of Image Enhancement Techniques on COVID-19 Detection Using Chest X-ray Images. *Computers in Biology and Medicine*, 132(November 2020), 104319. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2021.104319>.
- Rahmi-Fajrin, H., Puspita, S., Riyadi, S., & Sofiani, E. (2018). Dental Radiography Image Enhancement for Treatment Evaluation Through Digital Image Processing. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 10(7), e629–e634. <https://doi.org/10.4317/jced.54607>.
- Saputra, K., Taufik, I., Dharma, D. F., & Hidayat, M. (2021). Analisis Perbaikan Kualitas Citra Menggunakan CLAHE dan HE Pada Citra X-Ray Covid-19 dan Pneumonia. 6(2), 97–104.
- Singhal, T. (2020). Review on COVID19 Disease so Far. *The Indian Journal of Pediatrics*, 87(April), 281–286.
- Stogiannos, N., Fotopoulos, D., Woznitza, N., & Malamateniou, C. (2020). COVID-19 in the Radiology Department: What Radiographers Need to Know. In *Radiography* (Vol. 26, Issue 3, pp. 254–263). W.B. Saunders Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.05.012>.
- Varadarajan, V., Shabani, M., Ambale Venkatesh, B., & Lima, J. A. C. (2021). Role of Imaging in Diagnosis and Management of COVID-19: A Multiorgan Multimodality Imaging Review. *Frontiers in Medicine*, 8(November), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.765975>.
- Vidyasaraswathi, H. N. , & Hanumatharaju, M. C. (2020). Brain MR Image Enhancement using Average Intensity Replacement Based on GWOHE Algorithm. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(3), 3193–3199. <https://doi.org/10.35940/ijeat.C6072.029320>.
- World Health Organization (WHO). (2021). *Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Situation Report* (64). Available: <https://www.who.int/indonesia/>.
- World Health Organization (WHO). (2022). WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard. Available: <https://covid19.who.int/>.