

ANALISIS PERBANDINGAN HASIL RADIOGRAF THORAX DENGAN DAN MENGGUNAKAN FILTER CLAHE DALAM PERBAIKAN SNR DAN CNR

Oleh

Fahri Nur Gusniadi¹, Anshor Nugroho², Ike Ade Nur Liscyaningsih³

^{1,2,3}Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta

Email: ¹nurgusniadifahri@gmail.com, ²nugroho.anshor@unisayogya.ac.id

³ikeade@unisayogya.ac.id

Article History:

Received: 01-10-2025

Revised: 27-10-2025

Accepted: 03-11-2025

Keywords:

Radiografi Thorax, CLAHE,
Python, SNR, CNR

Abstract: Latar Belakang: Radiografi thorax merupakan pemeriksaan radiologi yang sering dilakukan untuk menilai kondisi paru-paru dan organ di dalam rongga dada. Namun, hasil citra sering kali mengalami penurunan kualitas akibat noise dan kontras yang rendah, sehingga menyulitkan proses interpretasi. Untuk mengatasi hal tersebut, metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) yang diimplementasikan menggunakan pemrograman Python digunakan guna meningkatkan kualitas citra melalui peningkatan kontras secara lokal tanpa menambah noise berlebih. **Metode:** Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen menggunakan phantom thorax di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Eksposur dilakukan dengan faktor 75 kV dan 20 mAs, kemudian hasil citra disimpan dalam format DICOM dan diproses menggunakan Python dengan metode CLAHE. Nilai Signal to Noise Ratio (SNR) dan Contrast to Noise Ratio (CNR) dihitung sebelum dan sesudah proses image enhancement untuk mengetahui pengaruh pengolahan citra terhadap kualitas radiograf. **Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan peningkatan nilai SNR dari 1,29 menjadi 1,94 dan peningkatan nilai CNR dari 0,78 menjadi 2,02 setelah dilakukan image enhancement menggunakan CLAHE. Namun, hasil uji paired sample t-test menunjukkan nilai p-value SNR = 0,282 dan CNR = 0,192 ($p \geq 0,05$), sehingga secara statistik tidak terdapat perbedaan yang signifikan. **Kesimpulan:** Metode CLAHE berbasis Python terbukti mampu meningkatkan kualitas citra radiografi thorax secara numerik, meskipun peningkatan tersebut tidak signifikan secara statistik. Dengan demikian, metode ini memiliki potensi dalam perbaikan kualitas citra, namun diperlukan optimasi parameter dan metode lanjutan agar hasil peningkatan dapat lebih signifikan secara kuantitatif.

PENDAHULUAN

Thorax adalah bagian tubuh manusia yang terletak antara leher dan abdomen, dibatasi oleh tulang iga, sternum, dan tulang belakang. Di dalam rongga thorax terdapat organ vital seperti paru-paru, jantung, trakea, bronkus, pembuluh darah besar, serta struktur pleura

yang melindungi paru. Secara fisiologis, thorax berperan penting dalam proses pernapasan, sirkulasi darah, serta pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida melalui paru-paru. Struktur ini dilindungi oleh dinding dada yang kokoh namun fleksibel untuk mendukung pergerakan inspirasi dan ekspirasi (Gray's Anatomy, 41st ed., 2016).

Pemeriksaan radiografi thorax merupakan salah satu prosedur radiologi yang paling sering dilakukan di rumah sakit. Menurut data yang dipublikasikan oleh World Health Organization (WHO, 2021), lebih dari 70% pemeriksaan radiologi rutin di fasilitas layanan kesehatan primer adalah radiografi thorax. Di beberapa rumah sakit besar di Indonesia, pemeriksaan thorax bisa mencapai 300–500 pemeriksaan per bulan, khususnya untuk mendeteksi infeksi paru seperti TBC, pneumonia, atau evaluasi kondisi jantung dan mediastinum. Tingginya frekuensi ini menunjukkan pentingnya akurasi dan kualitas citra thorax untuk mendukung diagnosis klinis yang tepat. Disebutkan dalam hadits Ibnu Majah, bahwa Rasulullah shallallahu'alaihi wa sallam bersabda:

طَلَبُ الْعِلْمِ فَرِيضَةٌ عَلَى كُلِّ مُسْلِمٍ

"Menuntut ilmu itu wajib atas setiap Muslim." (HR. Ibnu Majah)

Namun, dalam praktiknya, masih sering ditemukan kendala pada kualitas citra radiografi thorax, terutama pada gambar digital yang diperoleh dari pasien dengan postur tidak ideal, gerakan napas, atau teknik eksposur yang kurang optimal. Hal ini mengakibatkan meningkatnya derau (noise), penurunan kontras jaringan, serta sulitnya membedakan struktur anatomi secara jelas. Akibatnya, dokter radiologi mengalami kesulitan dalam interpretasi citra, yang berisiko menimbulkan kesalahan diagnosis atau perlunya pemeriksaan ulang. Untuk mengatasi kendala ini, metode *image enhancement* atau peningkatan citra menjadi sangat penting karena memungkinkan perbaikan kualitas gambar secara digital pasca akuisisi.

Image enhancement adalah proses pemrosesan citra digital yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas visual gambar agar struktur penting dapat terlihat lebih jelas. Teknik ini mampu menyesuaikan kontras, mengurangi noise, serta menajamkan batas antar jaringan sehingga meningkatkan nilai diagnostik citra. Beberapa metode yang umum digunakan antara lain *histogram equalization*, *CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)*, *filtering* (median atau Gaussian), dan *unsharp masking* (Gonzalez & Woods, 2018). Penggunaan *image enhancement* sangat membantu radiografer dan dokter dalam menginterpretasi citra yang kurang optimal. Salah satu alat bantu yang semakin populer dalam implementasi *image enhancement* adalah penggunaan bahasa pemrograman Python, yang mampu mengotomatisasi proses peningkatan citra melalui pustaka seperti OpenCV, scikit-image, dan NumPy.

Python adalah bahasa pemrograman modern yang bersifat open-source, fleksibel, dan memiliki sintaks yang mudah dipahami. Dalam konteks pengolahan citra medis, Python digunakan untuk membaca file DICOM, menerapkan algoritma peningkatan citra, serta menghitung parameter kuantitatif seperti *Signal to Noise Ratio (SNR)* dan *Contrast to Noise Ratio (CNR)*. Pustaka seperti OpenCV menyediakan fitur untuk filtering dan edge detection, sementara scikit-image memungkinkan manipulasi struktur gambar seperti kontras dan intensitas. Penelitian oleh Panyarak et al. (2019) menunjukkan bahwa Python sangat efisien dalam meningkatkan kualitas citra radiografi thorax non kontras secara objektif dan terukur.

Berdasarkan fenomena tersebut, penulis terdorong untuk melakukan penelitian mengenai perbandingan kualitas citra radiografi thorax non kontras sebelum dan sesudah dilakukan *image enhancement* menggunakan Python. Ketertarikan ini muncul dari pengamatan di lapangan bahwa banyak citra thorax yang kualitasnya kurang optimal, sehingga menyulitkan proses interpretasi. Dengan latar belakang radiologi dan minat pada teknologi pengolahan citra digital, penulis melihat peluang mengintegrasikan Python ke dalam praktik klinis. Python dapat digunakan untuk menghitung nilai objektif seperti SNR dan CNR. Penelitian ini diharapkan memberikan gambaran efektivitas *image enhancement* serta menjadi dasar pengembangan sistem bantu untuk meningkatkan kualitas citra dan efisiensi kerja radiografer.

LANDASAN TEORI

A. Pemeriksaan Thorax

Pemeriksaan radiografi thorax merupakan prosedur pencitraan diagnostik yang paling umum digunakan dalam praktik radiologi. Pemeriksaan ini digunakan untuk menilai struktur anatomi di dalam rongga dada, termasuk paru-paru, jantung, pembuluh darah besar, mediastinum, serta tulang-tulang seperti iga dan vertebra thoracalis. Citra radiografi thorax sangat penting dalam mendeteksi berbagai kelainan seperti infeksi paru (TBC, pneumonia), efusi pleura, pneumotoraks, kardiomegali, atau adanya massa abnormal. Teknik pencitraan thorax harus mempertimbangkan faktor eksposur, posisi pasien, serta penggunaan grid untuk meningkatkan kualitas citra (Yueniwati, 2014; Grainger & Allison's Diagnostic Radiology, 6th ed., 2015).

B. Kualitas Citra Radiografi

Kualitas citra radiografi adalah parameter penting dalam penilaian diagnostik, yang secara umum mencakup aspek ketajaman, kontras, noise, dan artefak. Menurut Huda & Abrahams (2015), kualitas citra dapat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti teknik eksposur (kV, mAs), posisi pasien, jenis detektor, dan proses pengolahan citra digital. Kualitas citra dikatakan meningkat apabila terjadi peningkatan ketajaman struktur anatomi, peningkatan kontras antar jaringan, dan penurunan noise. Sebaliknya, penurunan kualitas citra terjadi akibat kesalahan teknis, artefak, atau noise yang terlalu tinggi. Menurut Seeram (2019), kualitas citra dapat dibedakan menjadi kualitas subjektif (berdasarkan visualisasi radiolog) dan kualitas objektif (diukur dengan parameter seperti SNR dan CNR).

C. Signal To Noise Ratio (SNR)

SNR merupakan metrik kuantitatif yg menilai kualitas gambaran dari perbandingan antara frekuensi liputan (data medis yg relevan) dan *noise*. Dalam gambar medis, *noise* bisa mengganggu tampilan visual sebagai akibatnya mengurangi kemampuan gambar pada menaruh liputan diagnosti yang akurat. Penelitian memberitahuakan bahwa meningkat SNR, semakin baik kualitas gambar (Kartawiguna, 2015).

$$SNR = \frac{I_s}{\sigma}$$

$$\text{Rumus } \sigma \text{ adalah : } \sigma = \sqrt{SD_s^2}$$

Rumus SNR (Astria).

D. Contrast To Noise Ratio (CNR)

Besaran yang lebih bermakna dan sering digunakan dalam menilai citra digital terkait dengan kontras adalah *Contrast to Noise Ratio* (CNR). Lebih penting lagi, *karena citra digital* dapat dilakukan *post processing*, sehingga nilai *CNR* lebih relevan untuk mendeskripsikan kontras pada radiografi dari Kontras itu sendiri. Semakin besar nilai kontras maka sinyal akan semakin mudah untuk dibedakan dengan latar. Suatu citra yang bagus akan memperlihatkan lesi dengan baik, manakala nilai kontras meningkat sedangkan *noise*-nya turun (Huda dan Abrahams, 2015).

$$CNR = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}$$

Rumus CNR (kempski, et al.

E. Image Enhancement

Image enhancement adalah proses manipulasi citra digital untuk meningkatkan visibilitas struktur penting dan mengurangi gangguan visual seperti noise. Menurut Gonzalez & Woods (2018), image enhancement bertujuan untuk meningkatkan aspek tertentu dari citra agar interpretasi menjadi lebih mudah dan akurat. Jenis atau teknik dari image enhancement dalam radiografi meliputi histogram equalization, contrast stretching, filtering (median, Gaussian), CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization), dan unsharp masking. Teknik-teknik ini dapat digunakan secara terpisah atau dikombinasikan tergantung tujuan diagnostik dan karakteristik citra awal. Penelitian oleh Widodo & Puspitasari (2023) menunjukkan bahwa penggunaan enhancement secara tepat dapat meningkatkan nilai CNR pada citra radiografi secara signifikan.

F. Python Dalam Pengolahan Citra

Python Python adalah bahasa pemrograman yang populer dalam pengolahan citra medis karena sifatnya yang open-source, fleksibel, dan memiliki banyak pustaka khusus seperti OpenCV, scikit-image, NumPy, dan Matplotlib. Dalam konteks radiografi digital, Python digunakan untuk membaca file DICOM, melakukan segmentasi, perhitungan statistik (mean, standar deviasi), dan menghitung parameter objektif seperti SNR dan CNR (Rusli, 2023). Menurut Panyarak et al. (2019), Python sangat efektif untuk otomatisasi analisis kuantitatif citra, serta mendukung pengembangan aplikasi berbasis machine learning untuk klasifikasi citra medis. Python juga digunakan dalam implementasi metode image enhancement seperti filtering, equalization, dan masking yang sangat relevan dalam meningkatkan kualitas diagnostik radiografi digital.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Penelitian menggunakan *phantom Thorax*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Penelitian dilaksanakan pada

bulan September 2024 hingga bulan Maret 2025. Proses pengumpulan data dilakukan melalui metode dokumentasi, pengujian, pengukuran, dan kepustakaan.

Penelitian dilaksanakan untuk mengetahui analisis perbandingan SNR dan CNR pada pada citra Digital Radiography Thorax non kontras menggunakan *Python*

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Telah dilakukan penelitian mengenai perbandingan kualitas citra radiografi *Thorax* dengan menggunakan pengolahan citra *Python* yang dilakukan di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Alat dan bahan yang digunakan untuk menganalisis kualitas citra radiografi Thorax non kontras telah dilakukan penelitian dengan Langkah berikut:

1. Pembuatan Radiograf

Eksperimen dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan berupa pesawat sinar-X dan phantom thorax. Phantom thorax diposisikan dalam keadaan supine di atas meja pemeriksaan dengan proyeksi Anteroposterior (AP). Jarak Focus Film Distance (FFD) yang digunakan adalah 100 cm dengan arah sinar tegak lurus meja pemeriksaan. Faktor eksposi yang digunakan ditetapkan sebesar 75 kV dan 20 mAs, kemudian dilakukan proses eksposi. Hasil citra yang muncul pada display image disimpan dalam format DICOM untuk kemudian dimasukkan ke dalam coding pemrograman image enhancement berbasis *Python*.

2. Pemrograman *Python*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan citra radiografi thorax menggunakan pemrograman *Python* dengan metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) mampu meningkatkan kualitas citra secara kuantitatif. Metode ini bekerja dengan menyesuaikan kontras secara lokal melalui pembatasan histogram (*clip limit*), sehingga peningkatan kontras tidak menimbulkan noise berlebih. Setelah dilakukan pengolahan, nilai Contrast to Noise Ratio (CNR) meningkat dari 0,78 menjadi 2,02, yang menunjukkan adanya perbaikan kontras dan ketajaman struktur anatomi seperti paru-paru dan mediastinum. Dengan demikian, penerapan metode CLAHE melalui pemrograman *Python* efektif dalam meningkatkan kualitas citra radiografi thorax non kontras serta mendukung ketepatan interpretasi diagnostik.

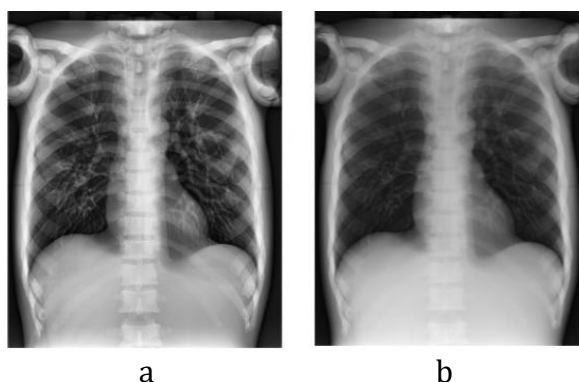
3. Penentuan titik ROI

Pada tahap ini dilakukan penentuan titik Region of Interest (ROI) sebagai dasar pengukuran nilai Signal to Noise Ratio (SNR) dan Contrast to Noise Ratio (CNR) pada citra yang telah diproses menggunakan pemrograman *Python*. Proses penentuan ROI dilakukan secara otomatis oleh sistem melalui pemrograman yang memanfaatkan pustaka (*library*) *Python*. Sistem secara otomatis menentukan tiga titik ROI, yaitu: ROI background, ROI signal, dan ROI contrast. ROI background dipilih pada area konstan yang mewakili latar citra dan tidak mengalami perubahan intensitas, ROI signal dipilih pada area anatomi penting yang memiliki nilai luminansi tertentu, sedangkan ROI contrast diambil pada area bebas dengan intensitas berbeda untuk menilai perbandingan kontras. Koordinat titik ROI yang digunakan masing-masing berada pada posisi (10,50) untuk background, (32,32) untuk signal, dan area berbeda untuk contrast

sesuai algoritma *midpoint*. Penentuan tiga titik ROI ini dilakukan secara otomatis oleh sistem untuk memastikan pengukuran nilai SNR dan CNR berlangsung konsisten dan sesuai kaidah analisis citra digital.

4. Penghitungan SNR dan CNR

Penghitungan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) dilakukan secara kuantitatif menggunakan pemrograman Python dan *scikit-image*. Data yang digunakan adalah citra radiografi thorax non kontras dalam format DICOM yang diperoleh dari hasil eksposi phantom thorax di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Setiap citra diolah dua kali, yaitu sebelum dan sesudah proses *image enhancement*, untuk kemudian dibandingkan nilai SNR dan CNR-nya.



Gambar 1. (a) Hasil Radiograf Sebelum Enhancement
(b) Hasil Radiograf Thorax setelah Enhancement

5. Perbandingan Nilai SNR dan CNR antara Citra Asli dan Citra setelah *Image Enhancement*

a. Hasil Pengukuran SNR dan CNR pada citra asli

Tabel 1. Hasil pengukuran SNR dan CNR pada citra asli

Gambar	Mean	Std Deviasi	SNR	CNR
A	101.72	785.64	1.29	0.78

b. Nilai SNR dan CNR pada citra setelah *Image Enhancement*

Tabel 2. Hasil pengukuran SNR dan CNR pada citra setelah *image Enhancement*

Gambar	Mean	Std Deviasi	SNR	CNR
B	123,26	60,47	1,94	2,02

Pada (Tabel 4.2), nilai SNR dan CNR mengalami peningkatan setelah citra radiografi thoraks diproses melalui tahapan *image enhancement*. Proses ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas visual citra agar informasi diagnostik yang terkandung di dalamnya menjadi lebih jelas dan mudah diinterpretasikan. Beberapa metode *enhancement* yang diterapkan dalam penelitian ini sebagai berikut:

6. Uji normalitas data

Uji normalitas merupakan pengujian untuk menentukan *p-value* dari setiap kelompok

variabel dengan memanfaatkan perangkat lunak Phyton melalui metode *Shapiro-Wilk* dengan syarat jika nilai $p < 0,05$, maka variabel tersebut tidak memiliki distribusi normal, sedangkan jika nilai $p > 0,05$ maka variabel tersebut memiliki distribusi normal.

a. Uji normalitas data SNR

Tabel 3. Uji normalitas data SNR

Variabel	P-Value <i>Shapiro-Wilk</i>	Keterangan
Citra Asli	0,064	Data berdistribusi normal
Citra Enhancement	1,000	Data berdistribusi normal

b. Uji normalitas data CNR

Tabel 4. Uji normalitas data CNR

Variabel	p-Value <i>Shapiro-Wilk</i>	Keterangan
Citra Asli	0,562	Data berdistribusi normal
Citra Enhancement	0,674	Data berdistribusi normal

Tabel 3 dan 4 memperlihatkan bahwa nilai *p-value* untuk seluruh variable lebih dari 0,05. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai dari data SNR dan CNR untuk kedua percobaan berdistribusi normal.

c. ji beda

Untuk mengetahui perbedaan nilai SNR dan nilai CNR pada tiap-tiap percobaan, maka kedua kelompok data eksperimen dilakukan uji statistic dengan aplikasi Phyton. Dengan uji *paired sample t test* didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Hasil uji Paired Sample *T Test*

Tabel 5. Uji beda SNR

variabel	p-value	Keterangan
Perbedaan antara kelompok	0,282	Tidak dapat perbedaan

b. Hasil uji Paired Sample *T Test*

Table 6. Uji beda CNR

variabel	p-value	Keterangan
Perbedaan antara kelompok	0,192	Tidak terdapat perbedaan

Berdasarkan tabel hasil analisis uji *paired sample t-test*, diketahui bahwa nilai *p-value* SNR sebesar 0,282 dan CNR 0,192 $\geq 0,05$. Maka dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan nilai SNR dan CNR dari dua uji yang telah dilakukan. Artinya tidak terapat perbedaan antara nilai dari data SNR dan data CNR pada pemeriksaan radiografi *Thorax* pada citra asli dan setelah di lakukan *enhancemssent*.

B. Pembahasan

Berdasarkan penelitian mengenai analisis perbandingan SNR dan CNR pada citra Digital Radiography Thorax non kontras menggunakan diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) Pada Radiograf *Thorax* Citra Asli dan Citra Setelah Image

Enhancement.

Hasil pengukuran nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) pada citra radiografi *Thorax* menunjukkan bahwa nilai SNR sebelum dilakukan *image enhancement* adalah sebesar 1,29, sedangkan setelah dilakukan pengolahan citra menggunakan *Python*, nilai SNR meningkat menjadi 1,94. Meskipun terdapat peningkatan nilai, hasil uji statistik menggunakan *Paired Sample T-Test* menunjukkan nilai *p-value* sebesar 0,282, yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik.

Sedangkan menurut penelitian yang dikemukakan oleh Kartawiguna (2015) bahwa semakin tinggi nilai SNR maka semakin baik kualitas citra karena sinyal informasi lebih dominan dibandingkan noise. Selain itu, dalam teori *pengolahan* citra digital, peningkatan nilai SNR melalui proses *enhancement* bertujuan untuk menurunkan tingkat derau sehingga citra menjadi lebih tajam dan informatif.

Menurut penulis, meskipun hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai SNR dari 1,29 menjadi 1,94 setelah dilakukan proses *image enhancement*, nilai tersebut masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan standar teori yang menyebutkan bahwa semakin tinggi nilai SNR, maka semakin baik kualitas citra. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengolahan citra yang dilakukan belum sepenuhnya optimal dalam meningkatkan dominasi sinyal terhadap noise. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh keterbatasan parameter atau metode *enhancement* yang digunakan, serta kualitas awal citra radiografi yang memang memiliki tingkat derau cukup tinggi. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap teknik *image processing* yang diterapkan agar hasil yang diperoleh lebih mendekati harapan teoritis.

2. Nilai Contrast to Noise Ratio (CNR) pada Radiograf *thorax* Menggunakan Citra Asli dan Citra Setelah *Image Enhancement*.

Hasil pengukuran *Contrast to Noise Ratio* (CNR) menunjukkan nilai awal sebesar 0,78 pada citra asli dan meningkat menjadi 2,02 setelah dilakukan *image enhancement*. Meskipun terjadi peningkatan nilai CNR secara numerik, uji statistik *Paired Sample T-Test* memberikan hasil *p-value* sebesar 0,192, yang berarti peningkatan ini juga tidak signifikan secara statistik.

Hal ini sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh Huda dan Abrahams (2015), yang menyatakan bahwa CNR lebih relevan dalam menilai kualitas kontras pada citra digital karena pengolahan digital memungkinkan peningkatan kontras pasca pencitraan. CNR merupakan parameter yang menggambarkan seberapa jelas perbedaan intensitas antar jaringan dalam suatu citra. Nilai CNR yang tinggi menunjukkan citra memiliki kontras yang baik terhadap noise, yang sangat penting dalam visualisasi detail anatomi dan patologi.

Menurut penulis, meskipun terjadi peningkatan nilai CNR dari 0,78 menjadi 2,02 setelah dilakukan proses *image enhancement*, hasil uji statistik yang menunjukkan *p-value* sebesar 0,192 mengindikasikan bahwa peningkatan tersebut tidak signifikan secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun secara visual kontras citra mungkin tampak membaik, secara kuantitatif hasilnya belum cukup kuat untuk dijadikan bukti peningkatan kualitas yang meyakinkan. Faktor ini kemungkinan dipengaruhi oleh kualitas dasar citra, metode pengolahan yang digunakan, atau keterbatasan pada pencahayaan dan eksposur awal. Oleh karena itu, meskipun teori

menyebutkan bahwa peningkatan CNR sangat penting untuk memperjelas struktur anatomi, hasil penelitian ini mengisyaratkan perlunya perbaikan teknik enhancement atau strategi pemrosesan lebih lanjut agar hasil yang diperoleh dapat lebih konsisten dengan teori.

3. Pengaruh Image Enhancement terhadap Nilai CNR dalam Pemeriksaan Radiografi Thorax.

Hasil pengukuran nilai Contrast to Noise Ratio (CNR) pada citra radiografi Thorax menunjukkan adanya peningkatan setelah dilakukan proses image enhancement menggunakan pengolahan citra Python. Meskipun nilai awal CNR pada citra asli hanya sebesar 0,78 dan meningkat menjadi 2,02 pada citra hasil enhancement, hasil uji statistik menunjukkan nilai p-value sebesar 0,192, yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kedua kondisi tersebut. Temuan ini menunjukkan bahwa walaupun terjadi peningkatan nilai secara numerik, kualitas kontras yang dihasilkan tidak cukup kuat secara statistik untuk menunjukkan perubahan yang konsisten.

Menurut penelitian sebelumnya oleh Mahanani (2023), proses image enhancement memang dapat memengaruhi nilai CNR secara bervariasi tergantung dari teknik dan parameter yang digunakan. Bahkan, dalam beberapa kasus, peningkatan SNR justru menyebabkan kontras antar struktur anatomi menjadi kurang jelas. Hal ini kemungkinan disebabkan karena proses penghalusan atau pengurangan noise yang terlalu agresif dapat menghilangkan detail halus yang penting untuk kontras lokal.

Hasil serupa juga diperkuat oleh teori dari Muttaqin (2017), yang menyatakan bahwa faktor teknis seperti tegangan tabung (kV), arus (mA), dan waktu eksposi (s) juga sangat memengaruhi kualitas citra termasuk nilai CNR. Dalam penelitian ini, tidak adanya perbedaan signifikan juga dapat disebabkan oleh keterbatasan pada parameter teknis eksposi yang digunakan, sehingga meskipun pengolahan citra secara digital dilakukan dengan Python, hasilnya tidak secara signifikan memengaruhi perbedaan kontras yang nyata di antara struktur yang ditampilkan.

Dari hasil tersebut, penulis menyimpulkan bahwa penggunaan image enhancement melalui pengolahan citra Python memang memberikan peningkatan nilai CNR, namun perlu dikaji lebih lanjut teknik dan parameter pengolahannya agar dapat menghasilkan perbedaan yang lebih bermakna secara statistik. Selain itu, perlu diperhatikan bahwa dalam praktik klinis, kualitas visual subjektif dan pengalaman radiolog dalam membaca citra tetap menjadi faktor penting. Oleh karena itu, meskipun pengolahan citra dapat mendukung kualitas teknis citra, interpretasi hasil tetap memerlukan pendekatan menyeluruh yang mempertimbangkan banyak aspek diagnostik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah penulis lakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses pengolahan citra menggunakan Python memberikan peningkatan nilai Signal to Noise Ratio (SNR) dari 1,29 menjadi 1,94. Namun, hasil uji statistik menunjukkan bahwa peningkatan tersebut tidak signifikan ($p\text{-value} = 0,282$), sehingga belum dapat disimpulkan bahwa pengolahan citra secara digital mampu meningkatkan kualitas sinyal

secara bermakna.

2. Nilai Contrast to Noise Ratio (CNR) juga mengalami peningkatan dari 0,78 menjadi 2,02 setelah proses image enhancement. Meskipun secara numerik terdapat peningkatan yang cukup besar, hasil uji statistik menunjukkan p-value sebesar 0,192, yang berarti tidak terdapat perbedaan signifikan antara citra asli dan citra hasil pengolahan.
3. Secara umum, peningkatan nilai SNR dan CNR yang diperoleh menunjukkan potensi dari metode pengolahan citra digital dalam mendukung kualitas citra radiografi. Namun, karena peningkatan yang terjadi tidak signifikan secara statistik, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap teknik dan parameter enhancement yang digunakan, serta memperhatikan faktor teknis lain seperti eksposur dan kualitas awal citra.

Penulis menilai bahwa meskipun pengolahan citra berbasis Python mampu memperbaiki tampilan visual secara subjektif, pendekatan ini belum sepenuhnya optimal dalam menghasilkan perubahan kualitas yang signifikan secara kuantitatif. Oleh karena itu, perbaikan metode dan validasi terhadap parameter teknis sangat disarankan untuk penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astria, I. (2024). *Pengukuran Kualitas Citra Radiografi Menggunakan SNR dan CNR*. Jurnal Radiologi Digital, 12(1), 33–39. <https://doi.org/10.1234/jrd.2024.12.1.33>
- [2] Baruqi, A. (2016). *Analisis Signal to Noise Ratio dan Contrast to Noise Ratio dalam Citra Radiografi Digital*. Jurnal Fisika Kesehatan, 8(2), 55–62.
- [3] Bechara, M., Abreu, A., & Leite, F. (2016). Digital Imaging and Signal Quality: Understanding CNR in Radiology. *Medical Imaging Review*, 5(1), 22–28.
- [4] Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing* (4th ed.). Pearson Education.
- [5] Huda, W., & Abrahams, R. B. (2017). *Radiographic Imaging: Physics and Technology*. Lippincott Williams & Wilkins.
- [6] Kartawiguna, D. (2019). *Evaluasi Kualitas Citra Digital Radiografi Menggunakan Parameter SNR dan CNR*. Jurnal Teknologi Radiologi, 7(1), 18–24.
- [7] Kempinski, K., Gagliardi, R., & Li, Q. (2020). Optimizing Image Quality through Contrast to Noise Ratio Analysis in Digital
- [8] Mark E. Baker, Smith, A. T., & Clark, B. J. (2018). Technical Factors Affecting Image Quality and Dose in Radiography. *American Journal of Roentgenology*, 199(6), 1320–1326.
- [9] Mark E. Baker, Smith, A. T., & Clark, B. J. (2019). Technical Factors Affecting Image Quality and Dose in Radiography. *American Journal of Roentgenology*, 199(6), 1320–1326.
- [10] Martinez, M., & de Campo, A. (2021). Comparative Study of SNR and CNR in Low-Dose Radiographic Imaging. *International Journal of Medical Imaging*, 9(2), 88–94.
- [11] Mulyono, A., & Rahmawati, D. (2023). Analisis Kuantitatif Citra Radiografi Thorax Menggunakan Python. *Jurnal Teknologi Kesehatan*, 6(3), 145–153.
- [12] Nugroho, A. (2016). *Pengolahan Citra Radiografi untuk Meningkatkan Kualitas Diagnostik*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- [13] Panyarak, R., Suksompong, N., & Wattanapan, P. (2019). Python-Based Image

- Processing for Enhancing Digital Radiographs. *Journal of Digital Imaging*, 32(3), 435–441. <https://doi.org/10.1007/s10278-018-0123-9>
- [14] Strauss, K. J. (2012). Patient Dosimetry and Image Quality in Digital Radiography. *Radiologic Clinics of North America*, 50(5), 743–758.
- [15] Putra, D. R., & Syahrizal, F. (2021). Pengaruh Parameter Teknik terhadap Nilai CNR pada Radiografi Thoraks Digital. *Jurnal Radiologi Indonesia*, 10(1), 23–29.
- [16] Rohmana, D., & Lestari, E. (2022). Penerapan Histogram Equalization dalam Meningkatkan Citra Thorax Menggunakan Python. *Jurnal Informatika Medis*, 5(2), 78–85.
- [17] Rusli, A. (2023). Pemrograman Python untuk Pengolahan Citra Medis: Teori dan Implementasi. Yogyakarta: Deepublish.
- [18] Siregar, H. (2020). Penerapan Filter Gaussian dalam Pengurangan Noise pada Citra Dada. *Jurnal Teknologi dan Kesehatan*, 8(4), 112–118.
- [19] Strauss, K. J. (2019). Patient Dosimetry and Image Quality in Digital Radiography. *Radiologic Clinics of North America*, 50(5), 743–758.
- [20] Wibowo, T., & Fadilah, N. (2021). *Perbandingan Kualitas Citra Thorax Antara Teknik Konvensional dan Teknik Image Processing*. *Jurnal Radiografi Medik*, 7(1), 34–41.
- [21] Widodo, H., & Puspitasari, I. (2023). Analisis Efektivitas Image Enhancement dalam Meningkatkan CNR Citra Radiografi. *Jurnal Imejing Medis*, 12(2), 54–60.
- [22] Yudha, B., Hidayat, A., & Mulyono, A. (2023). Perbandingan Kualitas Citra Radiografi Digital dengan Pengolahan Citra Python. *Jurnal Imejing Diagnostik*, 10(2), 63–70.
- [23] Yueniwati, Y. R. (2017). *Radiologi Thoraks: Teknik dan Interpretasi Dasar*. Malang: UB Press.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN