



Analisis Kualitas Citra Radiografi CR dengan SNR dan CNR Menggunakan Pengolahan Citra *Python*

Nurul Sahidatun Ainy^{1*}, Anshor Nugroho², Muhammad Faik³

¹⁻³Program Studi Radiologi Program Diploma Tiga, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, Indonesia

*Penulis korespondensi: nurulsainy@gmail.com¹

Abstract. Radiography is a medical imaging technique that utilizes X-ray radiation to obtain images of organs in the body, including the abdomen. Image quality is very important in supporting the accuracy of diagnosis and can be measured objectively through the Signal-to-Noise Ratio (SNR) and Contrast-to-Noise Ratio (CNR) parameters. As digital technology advances, Python-based image processing offers significant potential in improving the visual and diagnostic quality of radiographic images. This study aims to analyze the effectiveness of digital image processing techniques in improving the quality of computed radiography (CR) radiography, especially in terms of increasing SNR and CNR values. This study uses an experimental approach with CR radiographic image data obtained from dr. Gunawan Mangunkusumo Ambarawa Hospital. The image was processed using the Histogram Equalization and Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) algorithms in the Python platform. The results of the analysis showed that both methods were able to increase the SNR and CNR values, with the Equalization Histogram resulting in the highest CNR of 24.09, while the CLAHE achieved a maximum value of 16.34. Although Histogram Equalization improves global contrast, this method tends to reduce local details. In contrast, CLAHE shows excellence in maintaining anatomical structure and providing a more even contrast increase. Thus, Python-based digital image processing has proven to be effective in improving the quality of abdominal radiographic images and has the potential to be a reliable diagnostic tool in modern radiology practice.

Keyword: Contrast-to-Noise; Histogram Equalization; Image processing; Radiography abdomen; Signal-to-Noise

Abstrak. Radiografi merupakan teknik pencitraan medis yang memanfaatkan radiasi sinar-X untuk memperoleh gambaran organ dalam tubuh, termasuk abdomen. Kualitas citra sangat penting dalam menunjang akurasi diagnosis dan dapat diukur secara objektif melalui parameter Signal-to-Noise Ratio (SNR) dan Contrast-to-Noise Ratio (CNR). Seiring kemajuan teknologi digital, pengolahan citra berbasis Python menawarkan potensi signifikan dalam meningkatkan kualitas visual dan diagnostik citra radiografi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas teknik pengolahan citra digital dalam meningkatkan kualitas citra radiografi computed radiography (CR), khususnya dalam hal peningkatan nilai SNR dan CNR. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan data citra radiografi CR yang diperoleh dari RSUD dr. Gunawan Mangunkusumo Ambarawa. Citra diolah menggunakan algoritma Histogram Equalization dan Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) dalam platform Python. Hasil analisis menunjukkan bahwa kedua metode mampu meningkatkan nilai SNR dan CNR, dengan Histogram Equalization menghasilkan CNR tertinggi sebesar 24,09, sementara CLAHE mencapai nilai maksimum 16,34. Meskipun Histogram Equalization meningkatkan kontras global, metode ini cenderung mengurangi detail lokal. Sebaliknya, CLAHE menunjukkan keunggulan dalam menjaga struktur anatomi dan memberikan peningkatan kontras yang lebih merata. Dengan demikian, pengolahan citra digital berbasis Python terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas citra radiografi abdomen dan berpotensi menjadi alat bantu diagnosis yang andal dalam praktik radiologi modern.

Kata Kunci: Kontras Terhadap Kebisingan; Pemerataan Histogram; Pengolahan Citra; Radiografi Perut; Sinyal Ke Kebisingan

1. LATAR BELAKANG

Menurut Rosidah et al., (2020), pemeriksaan radiologi adalah prosedur pemeriksaan yang memanfaatkan radiasi sinar-X untuk menampilkan objek yang diperiksa melalui hasil gambar radiograf dengan tujuan dapat memperoleh informasi diagnostik secara lengkap dan maksimal. Abdomen adalah rongga tubuh yang terletak di antara diafragma dan pelvis, serta berisi berbagai organ penting seperti lambung, hati, usus, ginjal, dan kandung empedu. Dalam

pemeriksaan radiologi, proyeksi *Anteroposterior* (AP) dengan posisi berbaring terlentang merupakan salah satu teknik standar yang digunakan untuk mengevaluasi distribusi gas, mendeteksi massa di dalam rongga perut, serta menilai kondisi organ-organ di dalam abdomen. Teknik ini dilakukan dengan posisi pasien berbaring terlentang, sehingga memudahkan pemeriksaan yang cepat dan praktis, terutama pada pasien yang tidak mampu berdiri.

Pengolahan citra digital adalah transformasi dari sebuah gambar analog ke bentuk digital, yang kemudian diproses menggunakan teknologi digital sehingga memungkinkan untuk dimanipulasi. Tujuan utama dari pengolahan citra digital adalah untuk mengolah data yang mengandung informasi yang sesuai untuk diproses oleh komputer, serta meningkatkan kualitas tampilan citra tersebut.

Pencitraan digitan merupakan kecanggihan teknologi yang telah diterapkan dalam layanan radiologi rumah sakit untuk keperluan diagnostik. Salah satu teknologi yang digunakan adalah *Computed Radiography* (CR). *Computed Radiography* merupakan sistem akuisisi dan pengolahan citra digital yang digunakan untuk menghasilkan radiografi statis. Teknologi ini pertama kali dikembangkan oleh Fuji Corporation pada tahun 1981 dan mulai diaplikasikan secara klinis pada tahun 1983. Sistem ini tetap menggunakan tabung sinar-X dan generator standar, namun memerlukan reseptor gambar khusus serta proses pengolahan citra melalui sistem komputerisasi yang mencakup penerima citra, perangkat pembaca gambar, dan sebuah workstation. Citra yang dihasilkan oleh *Computed Radiography* berbentuk digital sehingga dapat dimanipulasi sesuai kebutuhan (Muttaqin, R. 2017)

Computed radiography (CR) merupakan sistem pencitraan radiografi sinar-X konvensional (gabungan kaset, *intensifying screen* dan film), yang telah mengalami pengembangan dimana *intensifying screen* pada kaset menjadi *phosphor plate* atau *photostimulating phosphor* (PSP) sebagai media perekam pada *imaging plate*. Proses ini memanfaatkan radiasi sinar-X untuk menghasilkan *electronic latent image* pada *phosphor plate*, yang kemudian dibaca oleh *reader* melalui proses pemindaian (*scanning*). Hasil citra selanjutnya diproses menggunakan sistem CR dan dapat ditampilkan melalui *hard copy* melalui *laser printer/imager*. Teknologi ini memiliki keunggulan berupa waktu pemrosesan citra yang lebih singkat, serta kemampuan dalam pengaturan tingkat kontras, densita, dan sensitivitas citra secara optimal (Muttaqin, R. 2017)

Pemrosesan citra merupakan salah satu bagian dari tahap pengolahan citra yang memanfaatkan komputer digital untuk meningkatkan kualitas dan melakukan manipulasi pada citra, sehingga manusia maupun mesin dapat menginterpretasikan citra tersebut dengan baik (Muttaqin, R. 2017)

Kualitas gambar merupakan indikator penting dalam menentukan efektivitas suatu diagnosis. Penilaian terhadap kualitas citra dapat dilakukan secara objektif, salah satunya melalui pengukuran *Contrast to Noise Ratio* (CNR). Parameter CNR menunjukkan sejauh mana intensitas sinyal dapat dibedakan dari latar belakangnya. Citra dengan nilai CNR tinggi cenderung lebih mudah dianalisis secara diagnostik, sedangkan citra dengan nilai CNR rendah akan menyulitkan proses diagnosis karena perbedaan antara objek dan latar menjadi kurang jelas. Oleh karena itu, memperhatikan nilai nilai CNR sangat penting untuk memperoleh citra dengan kualitas optimal. Nilai CNR yang baik dapat dicapai dengan mempertimbangkan densitas dan kontras radiografi yang dipengaruhi oleh karakteristik tabung sinar-X serta faktor eksposi (Utami, 2022)

Pengurangan *noise* pada citra sinar-X memiliki peran penting dalam proses diagnosis, karena dapat mencegah terjadi kesalahan interpretasi maupun kesulitan bagi dokter dalam membaca hasil pencitraan (Matondang, 2018). *Signal to Noise Ratio* (SNR) adalah perbandingan antara amplitudo sinyal dengan amplitudo *noise*, yang digunakan sebagai salah satu indikator dalam menilai kualitas citra (Arifah et al., 2017). Parameter ini menjadi komponen utama dalam evaluasi kualitas citra, sebab nilai SNR yang tinggi akan mempermudah pengamat dalam membedakan berbagai struktur atau detail pada citra (Agus, 2022).

Python merupakan bahasa pemrograman yang kini sangat populer dan pertama kali dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1991 di Stichting Mathematisch Centrum (CWI), Amsterdam (Awangga, 2019). Perancangannya dipengaruhi oleh bahasa ABC yang sudah ada sebelumnya. Berbeda dari banyak bahasa pemrograman lain, *Python* tumbuh melalui kontribusi komunitas global yang sangat luas, terdiri dari jutaan pengguna, mulai dari programmer hingga peneliti dari berbagai disiplin ilmu, karena sifatnya yang *open source* memungkinkan siapa pun untuk turut serta dalam pengembangannya.

2. KAJIAN TEORITIS

Penggunaan *Signal to Noise Ratio* (SNR) dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas citra yang rendah, karena SNR berfungsi sebagai indikator tingkat kebisingan (*noise*) pada citra sinar-X. Pengurangan *noise* pada citra sinar-X sangat penting dalam proses diagnosis agar dokter tidak mengalami kesalahan interpretasi maupun kesulitan dalam membaca hasil pencitraan (Matondang, 2018). SNR sendiri merupakan perbandingan antara amplitudo sinyal dengan amplitudo *noise* dan dijadikan salah satu kriteria dalam menilai kualitas citra (Arifah et al., 2017). Selain itu, SNR juga menjadi parameter utama dalam pengukuran kualitas citra,

karena pengamat dapat dengan mudah membedakan berbagai struktur yang terdapat pada citra disebabkan oleh tingginya nilai SNR (Agus et al., 2022).

Rumus *Signal to Noise Rasio* (SNR)

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

Rumus σ adalah : $\sigma = \sqrt{SDs^2}$

Keterangan:

IS: Nilai rata-rata objek

SD: Standar Deviasi

Contrast to Noise Ratio (CNR) adalah metrik yang digunakan dalam pencitraan medis untuk mengukur perbedaan antara dua wilayah dalam citra (terjadi pada ilayah dengan kelainan dan tanpa kelainan) dibandingkan dengan tingkat noise. Dalam istilah sederhana, CNR mengindikasikan seberapa jelas perbedaan antara struktur atau jaringan yang kontras dalam gambar medis di tengah gangguan noise. CNR sering dianggap lebih relevan daripada *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) dalam beberapa aplikasi klinis, karena tujuan utama pencitraan medis adalah untuk membedakan struktur yang berbeda dengan baik, bukan hanya meminimalkan noise. (Muttaqin, R. 2017)

$$CNR = \frac{SA-SB}{\sigma_0} (1)$$

Keterangan:

SA = rerata ROI objek

SB = rerata ROI background

σ_0 = standar deviasi background

Python merupakan bahasa pemrograman yang kini sangat populer dan pertama kali dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1991 di *Stichting Mathematisch Centrum* (CWI), Amsterdam (Awangga et al., 2019). Perancangannya dipengaruhi oleh bahasa ABC yang sudah ada sebelumnya. Berbeda dari banyak bahasa pemrograman lain, *Python* tumbuh melalui kontribusi komunitas global yang sangat luas terdiri dari jutaan pengguna, mulai dari programmer hingga peneliti dari berbagai disiplin ilmu karena sifatnya yang open source memungkinkan siapa pun untuk turut serta dalam pengembangannya.

Python adalah bahasa pemrograman yang dijalankan menggunakan interpreter. Interpreter ini berfungsi untuk menerjemahkan kode secara langsung saat program dijalankan. Selain itu, *Python* bersifat lintas platform, sehingga dapat digunakan di berbagai sistem operasi seperti windows, Linux, dan lainnya.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimental di mana data citra radiografi CR diolah menggunakan algoritma pengolahan citra berbasis Python. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di RSUD dr. Guna an Mangunkusumo Ambarawa pada bulan Oktober 2024 sampai Juli 2025. Analisis dilakukan dengan menghitung *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast-to-Noise Ratio* (CNR) pada citra sebelum dan sesudah pengolahan. Penelitian ini menggunakan foto rontgen abdomen sebagai sampel penelitian yang pengolahannya dilakukan di Lab. Radiologi Universitas Aisyiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana teknik pengolahan citra dapat meningkatkan kualitas gambar radiografi CR, terutama dalam hal SNR dan CNR.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas citra radiografi abdomen dengan menganalisis parameter kuantitatif berupa *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) sebelum dan setelah proses pengolahan citra digital dilakukan menggunakan Python. Proses yang dilakukan mencakup pengambilan citra, penerapan beberapa metode peningkatan kualitas, serta analisis perbandingan nilai kualitas citra tersebut.

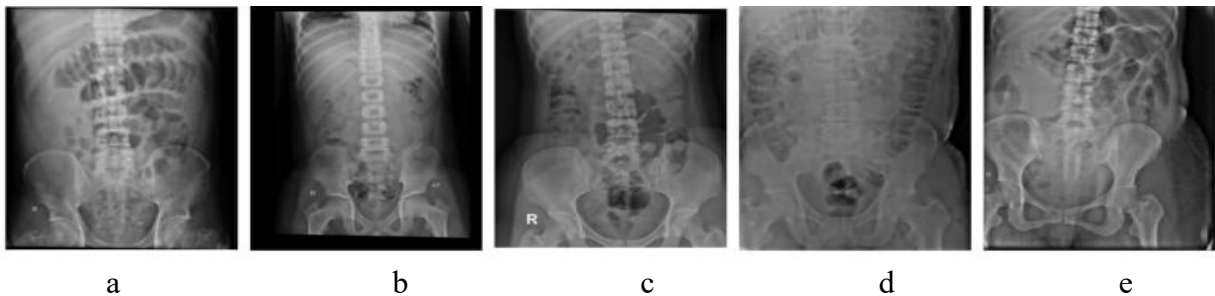
Untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini, digunakan sejumlah citra medis digital yang telah dipilih berdasarkan kriteria tertentu. Berikut penjelasan mengenai jumlah citra yang digunakan serta karakteristik teknisnya, termasuk format file, jenis modalitas pencitraan, dan jenis pemeriksaan yang dilakukan.

Jumlah dan Karakteristik Citra

Penelitian ini menggunakan lima buah gambar radiografi abdomen dengan proyeksi AP sebagai bahan analisis. Gambar yang digunakan berasal dari proses pengambilan dengan metode *Computed Radiography* (CR), yaitu sistem radiografi digital yang menggunakan *imaging plate* (IP) dan pembaca CR untuk menghasilkan gambar dalam bentuk digital. Pemeriksaan yang dilakukan adalah radiografi abdomen, yang bertujuan untuk mengevaluasi kondisi organ-organ dalam rongga perut, seperti usus, lambung, hati, dan kandung kemih.

Semua gambar diperoleh dalam format *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM), yaitu format standar yang digunakan dalam citra medis digital. Format ini tidak hanya menyimpan data gambar (*pixel array*) tetapi juga metadata berkaitan dengan pemeriksaan, seperti jenis modalitas, parameter teknis, serta informasi identitas pemeriksaan.

Format DICOM sangat cocok untuk dianalisis menggunakan python karena didukung oleh pustaka pydicom yang mampu membaca dan mengekstrak konten dari file tersebut secara langsung.



Gambar 1. (a), (b), (c), (d), (e) Lima citra radiografi abdomen yang berbeda menggunakan proyeksi AP sebelum pengolahan citra digital.

Metode Pengolahan

Pengolahan citra dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python* versi terbaru. Beberapa pustaka yang digunakan dalam proses ini meliputi:

- Pydicom*: untuk membaca file DICOM dan mengekstrak citra pixel.
- Numpy*: untuk melakukan perhitungan statistik seperti rata-rata dan standar deviasi.
- Opencv-python* (cv2): untuk melakukan normalisasi citra, *histogram equalization*, dan CLAHE.
- Matplotlib.pyplot*: untuk visualisasi citra sebelum dan sesudah *enhancement*.
- Pandas*: untuk penyusunan hasil analisis SNR dan CNR dalam bentuk tabel.
- Os*: untuk membaca file secara otomatis dari direktori lokal.
- IPython.display*: untuk menampilkan hasil tabel secara interaktif di *Google Colab*.

Seluruh gambar dianalisis dalam dua tahap. Pada tahap pertama, dilakukan analisis terhadap gambar asli yang belum diproses untuk menghitung nilai SNR dan CNR. Pemilihan area yang menjadi fokus perhatian (ROI) dilakukan secara manual, yaitu dengan menentukan dua bagian: satu di bagian struktur anatomi sebagai sinyal dan satu lagi di bagian latar belakang sebagai noise.

Nilai-nilai yang dihitung adalah:

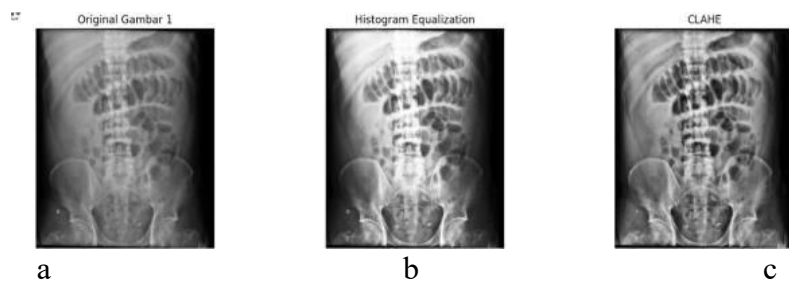
- SNR (Signal to Noise Ratio) =
$$\text{rata-rata ROI objek} \div \text{standar deviasi background}$$
- CNR (Contrast to Noise Ratio) =
$$\text{rata-rata objek} - \text{rata-rata background} \div \text{standar deviasi background}$$

Tahap kedua, citra diproses dengan dua metode *enhancement*:

- Histogram Equalization, yang berfungsi meningkatkan kontras global.

- b. CLAHE (*Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*), yang meningkatkan kontras lokal dengan membatasi peningkatan noise berlebih.

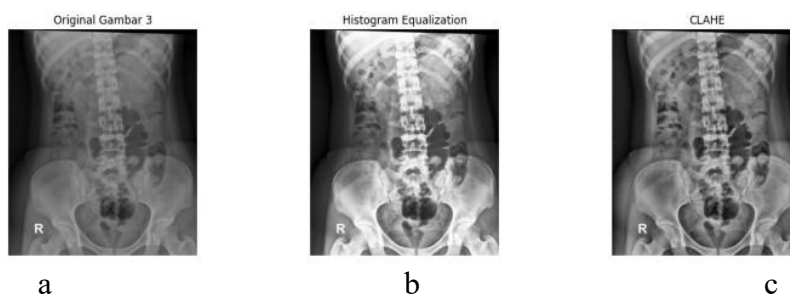
Setelah proses pengolahan, ROI yang sama digunakan kembali untuk menghitung nilai SNR dan CNR dari citra yang telah ditingkatkan. Hasil dari proses tersebut kemudian dibandingkan dengan citra asli untuk mengetahui seberapa efektif metode peningkatan kontras dalam meningkatkan kualitas citra



Gambar 2. Perbandingan hasil *enhancement* menggunakan *histogram equalization* dan CLAHE pada lima citra radiografi abdomen.



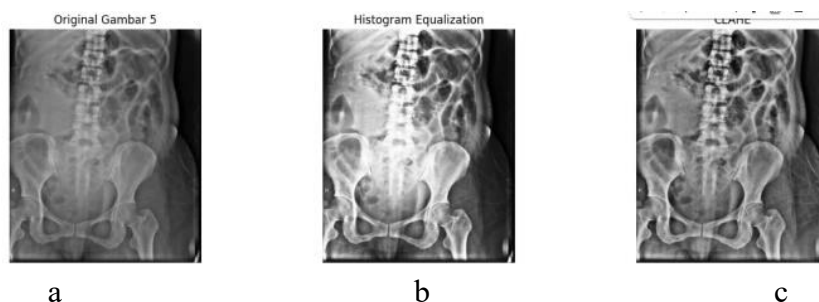
Gambar 3. Perbandingan hasil *enhancement* menggunakan *histogram equalization* dan CLAHE pada lima citra radiografi abdomen.



Gambar 4. Perbandingan hasil *enhancement* menggunakan *histogram equalization* dan CLAHE pada lima citra radiografi abdomen.



Gambar 5. Perbandingan hasil *enhancement* menggunakan *histogram equalization* dan CLAHE pada lima citra radiografi abdomen.



Gambar 6. Perbandingan hasil *enhancement* menggunakan *histogram equalization* dan CLAHE pada lima citra radiografi abdomen.

Hasil Analisis Nilai SNR dan CNR

Hasil analisis nilai SNR dan CNR ditampilkan dalam bentuk tabel berdasarkan perhitungan pada lima citra radiografi abdomen. Nilai dihitung sebelum dan sesudah dilakukan *image enhancement* menggunakan *histogram equalization* dan CLAHE.

a. Nilai SNR dan CNR Citra Asli (Tanpa *Enhancement*)

Tabel 1. Nilai SNR dan CNR Citra Asli (Tanpa *Enhancement*).

Gambar	Mean ROI (Objek)	Mean Background	Std Dev Background	SNR	CNR
Gambar 1	544.934998	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Gambar 2	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Gambar 3	2495.040039	2070.757568	119.706696	20.842945	3.544350
Gambar 4	2192.770020	2111.185059	139.705414	15.695669	0.583979
Gambar 5	1634.887451	259.529999	86.058952	18.997297	15.981573

Dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa Gambar 1 dan Gambar 2 memiliki nilai SNR dan CNR sebesar nol, yang disebabkan oleh tidak adanya deviasi nilai intensitas pada latar belakang, sehingga perhitungan rasio tidak dapat dilakukan. Hal ini menunjukkan kemungkinan kesalahan dalam penentuan area ROI atau latar belakang yang terlalu homogen. Sebaliknya, citra Gambar 3 hingga Gambar 5 menghasilkan nilai yang valid dan menunjukkan variasi kualitas citra. Gambar 3 memiliki nilai SNR yang tinggi (20,84), tetapi CNR-nya masih tergolong rendah (3,54). Gambar 5 mencatatkan nilai CNR tertinggi (15,98) sekaligus memiliki SNR yang cukup tinggi (18,99), menunjukkan kualitas kontras dan kejernihan citra yang optimal.

b. Nilai SNR dan CNR Setelah *Histogram Equalization* dan CLAHE**Tabel 2.** Nilai SNR dan CNR Setelah *Histogram Equalization* dan CLAHE.

Gambar	Metode	Mean ROI	Mean Background	Std Dev Background	SNR	CNR
Gambar 1	Hist Equalization	35.11	0	0	0	0
Gambar 1	CLAHE	41.965	2	0	0	0
Gambar 2	Hist Equalization	0	0	0	0	0
Gambar 2	CLAHE	3	3	0	0	0
Gambar 3	Hist Equalization	5.1925	2.455	0.527233	9.84858	5.192198
Gambar 3	CLAHE	26.645	21.905	1.032461	25.807279	4.590974
Gambar 4	Hist Equalization	240.755	232.1375	12.327554	19.529827	0.699044
Gambar 4	CLAHE	137.61	124.5275	21.528104	6.39211	0.607694
Gambar 5	Hist Equalization	124.0925	14.6	4.544227	27.307724	24.094856
Gambar 5	CLAHE	151.3775	25.9625	7.675356	19.722537	16.399958

c. Nilai SNR dan CNR Asli dan Setelah *Histogram Equalization* dan CLAHE**Tabel 3.** Nilai SNR dan CNR Asli dan Setelah *Histogram Equalization* dan CLAHE.

Gambar	Metode	Mean ROI	Mean Background	Std Dev Background	SNR	CNR	Nilai Asli SNR	Nilai Asli CNR
Gambar 1	Hist Equalization	35.11	0	0	0	0	0.000000	0.000000
Gambar 1	CLAHE	41.965	2	0	0	0	0.000000	0.000000
Gambar 2	Hist Equalization	0	0	0	0	0	0.000000	0.000000
Gambar 2	CLAHE	3	3	0	0	0	0.000000	0.000000
Gambar 3	Hist Equalization	5.1925	2.455	0.527233	9.84858	5.192198	20.842945	3.544350
Gambar 3	CLAHE	26.645	21.905	1.032461	25.807279	4.590974	20.842945	3.544350
Gambar 4	Hist Equalization	240.755	232.1375	12.327554	19.529827	0.699044	15.695669	0.583979
Gambar 4	CLAHE	137.61	124.5275	21.528104	6.39211	0.607694	15.695669	0.583979
Gambar 5	Hist Equalization	124.0925	14.6	4.544227	27.307724	24.094856	18.997297	15.981573
Gambar 5	CLAHE	151.3775	25.9625	7.675356	19.722537	16.399958	18.997297	15.981573

Dari hasil tabel, terlihat bahwa nilai SNR dan CNR pada sebagian besar citra mengalami peningkatan setelah dilakukan *enhancement*. Pada Gambar 3, metode CLAHE memberikan

hasil SNR tertinggi sebesar 25,81, sedangkan *Histogram Equalization* menghasilkan CNR lebih tinggi yaitu 5,19. Pada Gambar 5, *Histogram Equalization* menunjukkan performa yang sangat baik, dengan nilai SNR sebesar 27,31 dan CNR sebesar 24,09. Hal ini menunjukkan bahwa pada citra dengan kontras rendah, metode *Histogram Equalization* mampu memperjelas perbedaan intensitas secara signifikan. Meskipun demikian, CLAHE tetap menunjukkan performa yang kompetitif dan lebih stabil dalam menjaga detail lokal citra.

Pembahasan

Secara umum, penggunaan metode pengolahan citra digital dengan bantuan *python* terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas visual citra radiografi abdomen. Pendekatan ini berpotensi besar untuk diterapkan dalam praktik radiologi digital guna mendukung akurasi dalam proses interpretasi citra medis.

Peningkatan nilai *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast-to-Noise Ratio* (CNR) setelah dilakukan pengolahan citra merupakan indikator penting terhadap peningkatan kualitas visual citra radiografi abdomen. Berdasarkan data yang diperoleh, sebagian besar citra menunjukkan kenaikan nilai SNR dan CNR yang cukup signifikan, khususnya setelah diterapkan metode *Histogram Equalization* dan CLAHE. Contohnya pada Gambar 5, nilai SNR citra asli adalah 18,99 meningkat menjadi 27,31 setelah *Histogram Equalization* dan 19,72 setelah pengolahan dengan metode CLAHE. Begitu pula nilai CNR meningkat dari 15,98 menjadi 24,09 pada *Histogram Equalization*, dan menjadi 16,34 dengan metode CLAHE. Kenaikan nilai tersebut menunjukkan bahwa citra hasil pengolahan memiliki kualitas sinyal yang lebih kuat dan kontras objek yang lebih tajam dibandingkan latar belakangnya.

Tujuan dari peningkatan SNR dan CNR ini adalah untuk menghasilkan citra yang lebih mudah dianalisis secara visual maupun kuantitatif oleh tenaga medis. Nilai SNR yang tinggi mencerminkan bahwa sinyal objek lebih dominan dibandingkan gangguan *noise*, sehingga struktur anatomi menjadi lebih jelas. Sementara itu, nilai CNR yang tinggi menunjukkan bahwa kontras antara objek dan latar belakang semakin menonjol, yang sangat membantu dalam proses diagnosis (Gonzalez & Woods, 2018). Peningkatan kedua parameter ini berkaitan langsung dengan peningkatan kualitas diagnostik citra, terutama dalam pencitraan digital medis seperti radiografi.

Perbedaan nilai yang muncul antara citra asli dan citra hasil pengolahan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Metode *Histogram Equalization* bekerja secara global, sehingga mampu meningkatkan kontras keseluruhan gambar, namun berisiko mengurangi detail lokal anatomi. Sebaliknya, CLAHE menerapkan peningkatan kontras secara lokal dan terkontrol, sehingga lebih mampu mempertahankan detail anatomi, meskipun nilai peningkatannya secara numerik

tidak setinggi *Histogram Equalization* (Matondang, 2018). Selain itu, perbedaan nilai juga dipengaruhi oleh lokasi dan ukuran ROI (*Region of Interest*) yang digunakan dalam perhitungan, serta karakteristik awal citra seperti tingkat kecerahan, densitas, dan *noise* awal pada gambar. Hal ini sejalan dengan pendapat Muttaqin (2017) yang menjelaskan bahwa pemilihan teknik pengolahan dan parameter eksposur sangat memengaruhi hasil SNR dan CNR.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kedua metode pengolahan citra memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan kualitas visual citra radiografi. Namun, pemilihan metode harus disesuaikan dengan kebutuhan: *Histogram Equalization* untuk peningkatan numerik yang lebih besar, dan CLAHE untuk mempertahankan struktur anatomi yang lebih detail. Penggunaan *python* sebagai alat bantu pengolahan citra juga terbukti efektif, terutama dengan dukungan pustaka seperti OpenCV dan Pydicom, yang mampu mempermudah proses manipulasi dan analisis citra medis secara digital (Muttaqin, 2017).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengolahan citra radiografi abdomen menggunakan Python berhasil meningkatkan nilai SNR dan CNR pada sebagian besar citra yang dianalisis. Nilai SNR tertinggi dicapai pada citra hasil CLAHE sebesar 25,81 dengan nilai asli sebesar 20,85, sedangkan metode *Histogram Equalization* menghasilkan nilai SNR hingga 27,31 dengan nilai asli sebesar 19,00. Peningkatan ini menunjukkan bahwa metode digital mampu memperbaiki rasio sinyal terhadap derau dalam citra medis.

Nilai CNR juga mengalami peningkatan signifikan secara numerik. Citra hasil *enhancement* dengan *Histogram Equalization* pada Gambar 5 mencapai nilai CNR tertinggi sebesar 24,09 dengan nilai asli sebesar 15,98, sementara CLAHE memberikan nilai CNR tertinggi sebesar 16,34 dengan nilai asli sebesar 15,98. Hal ini menunjukkan bahwa kontras antara objek dan latar belakang meningkat setelah dilakukan *enhancement*, yang secara visual mendukung kualitas citra.

Secara umum, pengolahan citra menggunakan metode *Histogram Equalization* dan CLAHE menunjukkan potensi dalam memperbaiki kualitas visual citra radiografi. Meskipun belum dilakukan uji statistik, peningkatan nilai kuantitatif pada parameter SNR dan CNR mendukung penggunaan metode ini dalam konteks praktis, terutama untuk memperjelas struktur anatomi yang penting dalam diagnosis radiologi.

Penulis menilai bahwa pendekatan pengolahan citra berbasis *python* memiliki keunggulan dari segi fleksibilitas dan hasil visual yang baik, namun ke depan dibutuhkan

evaluasi lebih lanjut terhadap metode, parameter ROI, serta kualitas awal citra yang digunakan. Validasi melalui metode statistik juga diperlukan untuk memastikan bahwa peningkatan yang terjadi bersifat signifikan dan dapat diterapkan secara klinis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang senantiasa memberikan arahan, dukungan serta kepercayaan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Ariadi, I., Juliantara, I. P. E., & Supriyani, N. (2023). Pengaruh variasi NAQ terhadap Signal To Noise Ratio (SNR) pada MRI Lumbal Sekuen Sagittal T2-FSE (Speeder) dengan Kasus Lo Back Pain (LBP). *Nautical: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(10), 1203–1211.
- Astria, R. (2024). Analisis kualitas citra radiografi CR dengan Signal to Noise Ratio (SNR) dan Contrast to Noise Ratio (CNR) menggunakan MicroDicom. *Interdisciplinary Journal of MedTech and EcoEngineering (IJME)*, 1(1), 1–9.
- Bourne, R. (2020). Image processing techniques in radiographic imaging: Enhancing signal and contrast ratios. *Radiology Research and Practice*, 2020, Article ID 9041238. <https://doi.org/10.1155/2020/9041238>
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing* (4th ed.). Pearson.
- Huang, Y., Zheng, Q., & Zhang, R. (2022). A review of image quality evaluation methods in medical imaging. *Journal of Biomedical Informatics*, 125, 103923. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2022.103923>
- Kharita, M. H., & Tsapaki, V. (2025). Automatic image quality evaluation in digital radiography using a modified version of the IAEA radiography phantom allowing multiple detection tasks. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, September 2024, 1–12. <https://doi.org/10.1002/acm2.14599>
- Lampignano, K. L., & Kendrick, L. E. (2018). *Bontrager's textbook of radiographic positioning and related anatomy* (9th ed.). Elsevier.
- Matondang, Z. A. (2018). *Penerapan Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) pada citra digital untuk memperbaiki gambar X-ray*.
- Melti, E., Gde, I., Kasmaan, A., & Supardi, . (2024). Pengaruh eksposi terhadap kualitas citra radiografi berdasarkan ketebalan objek pada pemeriksaan abdomen. *Buletin Fisika*, 25, 48–53.
- Muhammad Romzi, & Kurniawan, B. (2020). Pembelajaran pemrograman Python dengan pendekatan logika algoritma. *JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya*, 3(2), 37–44.
- Muttaqin, R. (2017). Uji banding kualitas citra radiograf sistem radiografi digital modifikasi terhadap computed radiography system dengan metode Contrast to Noise Ratio. *Journal of Physics Communication*, 1(1), 68–73.

- Rosidah, S., Soe ondo, A., & Adi, M. S. (2020). Optimasi kualitas citra radiografi abdomen berdasarkan Body Mass Index dan tegangan tabung pada Computed Radiography. *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Komunitas (JEKK)*, 5(1), 23–31.
- Tao, S., & Wang, Y. (2021). Signal-to-noise ratio and contrast-to-noise ratio in medical image quality assessment. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 52(1), 112–120. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2020.12.005>
- Utami, N. W . M. S., Ratini, N. N., & Juliantara, I. P. E. (2022). Pengaruh kombinasi arus tabung sinar-X dan aktu eksposi terhadap Contrast to Noise Ratio (CNR) dengan menggunakan Computed Radiography. *Buletin Fisika*, 23(1), 26–33.
- Zhao, Z., & Li, H. (2021). Enhancing medical image quality using Python-based algorithms for improved diagnosis. *Biomedical Signal Processing and Control*, 68, 102694.