

ANALISIS KUALITAS CITRA DIGITAL RADIOGRAPHY ABDOMEN NON-KONTRAS BERDASARKAN NILAI SNR DAN CNR DENGAN TEKNIK PENGOLAHAN CITRA PHYTON

Oleh

Ridho Hadi Nugraha¹, Anshor Nugroho², Anisa Nur Istiqomah³

^{1,2,3}Program Studi Radiologi Program Diploma Tiga, Fakultas Ilmu Kesehatan,
Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta

Email: ¹ridhohadi666@gmail.com, ²nugroho.anshor@unisayogya.ac.id,

³anisa.nur@unisayogya.ac.id

Article History:

Received: 15-08-2025

Revised: 07-09-2025

Accepted: 18-09-2025

Keywords:

Signal to Noise Ratio (SNR),
Contrast to Noise Ratio
(CNR), Non-Contrast
Abdomen, Python Image
Processing, Image
Enhancement

Abstract : Background: Non-contrast abdominal radiography is an important diagnostic procedure in radiology for detecting abnormalities in the abdominal organs. Image quality is evaluated through the Signal-to-Noise Ratio (SNR) and Contrast-to-Noise Ratio (CNR) to measure the signal-tonoise ratio and the ability to distinguish contrast between anatomical structures. Image processing using Python allows for improved image quality at low exposures, in line with the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principle of minimizing radiation dose without compromising diagnostic accuracy. However, studies on optimizing non-contrast abdominal images using this technique are still limited, particularly in reducing the effects of scattered radiation on thick objects such as the abdomen. **Methods:** This study employed a quantitative experimental approach. An adult abdominal phantom was used. The study was conducted in the Radiology Laboratory of Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, from March 2025 to May 2025. Data collection was conducted through documentation and processing using Python on Google Colab. The SNR and CNR values of noncontrast abdominal images before and after image enhancement were calculated using Non-Local Means (NLM) and Histogram Equalization (HE). The Shapiro-Wilk normality test and paired sample t-test were then performed. **Results:** The calculated SNR value increased from an average of 8.73 to 11.66, and the CNR increased from an average of 1.69 to 4.28. The data were normally distributed ($p>0.05$), and there was a significant difference in SNR ($p=0.0019$) and CNR ($p=0.0003$) before and after enhancement ($p<0.05$). **Conclusion:** Based on the results of this study, image processing using Python effectively improves the quality

of non-contrast abdominal radiographic images at low exposures, supporting diagnostic accuracy and reducing radiation dose.

PENDAHULUAN

Dalam dunia kedokteran, radiologi memiliki peran penting sebagai bidang penunjang pemeriksaan yang menegakkan diagnosa suatu penyakit. Dalam islam, menjaga kesehatan merupakan bagian dari ibadah. Rasulullah SAW bersabda:

إِنَّ اللَّهَ لَمْ يَضَعْ دَاءً إِلَّا وَضَعَ لَهُ دَوَاءً

“Sesungguhnya Allah tidak menurunkan suatu penyakit kecuali Dia juga menurunkan obatnya”(HR. Bukhori)

Pemeriksaan radiologi dilakukan dengan menggunakan teknologi pencitraan ataupun gambar berupa gelombang elektromagnetik dan mekanik. Pada pemeriksaan ini terdapat dua sumber radiasi yang digunakan yaitu radiasi pengion dan radiasi non pengion. Radiasi pengion berupa gelombang elektromagnetik dan partikel bermuatan yang memiliki kemampuan untuk mengionisasi media yang dilaluinya karena energi yang dimilikinya (Nurvan et al., 2023).

Digital radiography (DR) merupakan bentuk modern dari sistem radiografi konvensional yang menggunakan detektor digital untuk menghasilkan citra secara langsung tanpa proses kimiawi. Dibandingkan sistem film-screen, DR menawarkan keunggulan dalam hal efisiensi waktu, pengurangan paparan radiasi, serta peningkatan kemampuan pasca-pemrosesan citra (Long et al., 2015). Teknologi ini memungkinkan akuisisi citra dalam waktu singkat dengan kualitas gambar yang lebih stabil dan dapat dievaluasi secara kuantitatif. Selain itu, sistem DR mendukung integrasi dengan perangkat lunak pengolahan citra seperti *Phyton* dan *OpenCV*, yang memungkinkan optimasi kualitas citra secara digital. Kualitas citra dari sistem DR sangat dipengaruhi oleh parameter teknis seperti eksposi, pemrosesan digital, dan karakteristik detektor (Albrecht et al., 2015).

Salah satu pemeriksaan radiologi adalah pemeriksaan radiografi *abdomen*. Pemeriksaan radiografi *abdomen* digunakan sebagai pemeriksaan penunjang untuk menegakkan diagnosa. Pemeriksaan radiografi *abdomen* tercatat sebagai pemeriksaan penunjang terbanyak dengan persentase 58% di RSUD Haji Makassar tahun 2021-2022 (Rifai et al. 2024).

Abdomen adalah bagian tubuh dengan batas atas pada *diafragma* dan batas bawah pada *symphysis pubis*. Pada *abdomen* terdapat dua sistem organ yaitu sistem pencernaan dan sistem perkemihan. Selain itu, pada *abdomen* terdapat organ lain yang cukup penting antara lain *hepar*, *pankreas*, dan kandung empedu (Lampignano & Kendrick, 2018)

Abdomen merupakan objek tebal yang ada pada tubuh manusia, sehingga diperlukannya faktor eksposi yang tinggi. Faktor eksposi yang tinggi akan mengakibatkan adanya radiasi hambur, faktor-faktor tersebut adalah kV yang tinggi, luas lapangan penyorotan, dan ketebalan objek atau pasien. Radiasi hambur merupakan radiasi yang dipancarkan dari objek, seperti pasien, setelah sinar-X berinteraksi dengan materi (Asriningrum et al., 2021).

Dalam mengevaluasi kualitas citra radiografi, *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast*

to Noise Ratio (CNR) merupakan dua parameter penting. SNR mengukur perbandingan antara intensitas sinyal yang diinginkan dengan tingkat *noise* pada citra. Nilai SNR yang tinggi menunjukkan kualitas citra yang lebih baik dengan tingkat *noise* yang minimal. Sementara itu, CNR mengukur kemampuan untuk membedakan kontras antar struktur yang berdekatan dalam citra, yang sangat penting untuk menampilkan detail anatomi dengan jelas (Li et al., 2022). Evaluasi terhadap SNR dan CNR secara kuantitatif dapat memberikan informasi objektif tentang kualitas citra yang dihasilkan sistem *digital radiography* (Kumar et al., 2017).

Pengolahan citra digital dalam bidang radiografi menjadi salah satu fokus penting untuk meningkatkan kualitas diagnostik. Pada penelitian terbaru menunjukkan bahwa penerapan metode *image thresholding* menggunakan *OpenCV* efektif untuk segmentasi objek dalam citra digital (Maulana et al., 2024). Pendekatan ini menunjukkan potensi teknik pengolahan citra dalam memisahkan struktur yang relevan secara visual.

Pada penelitian (Fauziah et al., 2024) menggunakan pustaka *OpenCV* dalam bahasa pemrograman *Python* untuk menerapkan teknik *Gaussian Blur*, yang terbukti meningkatkan kualitas citra dengan memperhalus gambar serta mengurangi *noise*. Studi ini menunjukkan bahwa pemrosesan citra berbasis *Python* mampu secara efektif meningkatkan nilai SNR, sehingga memberikan gambaran yang lebih jelas. Penelitian lain menggunakan software *Microdicom* untuk mengukur SNR dan CNR pada citra sinar-X, menemukan bahwa nilai SNR dan CNR dapat menjadi indikator yang valid dalam menilai mutu citra radiografi (Astria, 2024).

Secara khusus, evaluasi SNR dan CNR pada citra *digital radiography* (DR) *abdomen* non-kontras belum banyak dieksplorasi, terutama dalam konteks pengolahan citra berbasis *Python* yang memungkinkan optimasi digital secara lebih fleksibel dan terintegritas. Hal ini menjadi penting karena *abdomen* sebagai objek tebal cenderung menghasilkan radiasi hambur yang tinggi, yang dapat menurunkan kualitas citra dan meningkatkan dosis radiasi pasien, sehingga memerlukan penilaian objektif untuk mendukung optimasi dosis dan akurasi diagnostik. Selain itu, meskipun ada studi tentang pengurangan dosis dan radiasi hambur pada citra radiografi *abdomen*, kurangnya fokus pada perbandingan SNR dan CNR menggunakan teknik *Python* membatasi pemahaman tentang potensi peningkatan kualitas citra *abdomen* non-kontras, yang mendominasi pemeriksaan klinis sehari-hari. Penilaian ini diperlukan guna mendukung praktik radiologi yang lebih efektif, sejalan dengan prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) dalam pengelolaan radiasi.

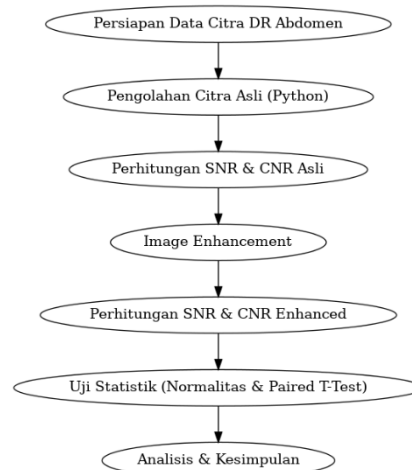
Berdasarkan latar belakang tersebut penulis ingin mengkaji lebih lanjut mengenai kualitas citra *abdomen* dengan menggunakan pengolahan citra *Python* dan mengangkat sebagai artikel ilmiah dengan judul **"Analisis Kualitas Citra *Digital Radiography Abdomen* Non-Kontras Berdasarkan Nilai SNR Dan CNR Dengan Teknik Pengolahan Citra *Python*".**

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Penelitian menggunakan *phantom abdomen* dewasa yang diekspos dengan menggunakan kV 50 dan dilakukan variasi mAs yaitu 10, 12, dan 16 dan citra radiograf

abdomen non-kontras yang diambil menggunakan parameter standar, yaitu kV 75 dan mAs 15 sebagai data acuan. Citra ini berfungsi sebagai data pembanding untuk seluruh analisis. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas teknik pengolahan citra *Non-Local Means* (NLM) dan *Histogram Equalization* (HE) berbasis *Python* dalam meningkatkan kualitas citra digital *abdomen* non-kontras, yang diukur melalui nilai SNR dan CNR. Hipotesis nol (H_0) menyatakan tidak ada perbedaan signifikan antara nilai SNR dan CNR sebelum dan sesudah *enhancement*. Hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara nilai SNR dan CNR sebelum dan sesudah *enhancement*.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2025 hingga bulan Mei 2025. Metode Pengumpulan data dilakukan dengan cara dokumentasi dan kepustakaan. Subjek penelitian yang digunakan adalah *phantom abdomen* dengan ukuran orang dewasa dan objek berupa hasil radiograf *abdomen*. Tahap awal pra-pemrosesan data ini dilakukan menggunakan program *Python* yang dijalankan dalam lingkungan *Google Colab*.



Gambar 1. Alur Penelitian

Prosesnya dimulai dengan pemuatan file dalam format *DICOM* menggunakan pustaka *pydicom* untuk mengekstrak data piksel mentah. Setelah data piksel berhasil diekstrak, citra tersebut dikonversi ke format 8-bit *grayscale* untuk standarisasi dan kompatibilitas dengan pustaka pengolahan citra seperti *OpenCV*. Setelah memuat file *DICOM*, skrip menerapkan dua teknik pemrosesan citra utama. Pertama, *Non-Local Means* (NLM) menggunakan fungsi *cv2.fastNlMeansDenoising* dengan parameter $h=10$, ukuran jendela template 7, dan jendela pencarian 21, yang bekerja dengan membandingkan dan merata-ratakan piksel serupa di seluruh citra untuk mengurangi *noise* secara efektif sambil menjaga detail halus lebih baik dibandingkan metode denoising tradisional. Kedua, citra yang telah di-*denoising* kemudian diproses dengan *Histogram Equalization* (HE) diterapkan melalui fungsi *apply_histogram_equalization* untuk meningkatkan kontras dengan mendistribusikan ulang nilai intensitas piksel, menghasilkan citra dengan *noise* minimal dan kontras yang optimal. Kombinasi kedua filter ini bertujuan untuk menghasilkan citra dengan *noise* yang minimal dan kontras yang lebih baik.

Untuk mengevaluasi keberhasilan metode ini, skrip secara otomatis menghitung metrik kuantitatif menggunakan fungsi *calculate_snr_details* untuk menghitung nilai *Signal to Noise*

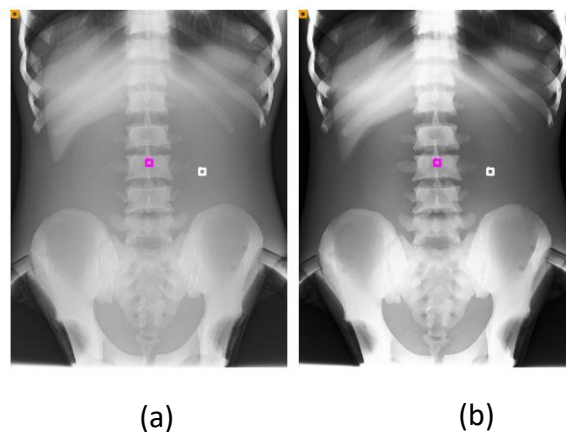
Ratio (SNR) dan *calculate_cnr_details* untuk menghitung nilai *Contrast to Noise Ratio* (CNR), yang memungkinkan perbandingan objektif antara citra asli dan citra yang telah diolah. Fungsi lainnya meliputi *load_dicom_image* untuk memuat citra DICOM, *display_image* untuk menampilkan citra dengan ROI yang ditandai menggunakan *matplotlib*, dan *plot_metrics* untuk membuat grafik batang perbandingan SNR dan CNR antar citra dengan anotasi nilai menggunakan *pandas* dan *matplotlib*.

Analisis statistik ditambahkan melalui fungsi *perform_statistical_tests*, yang menguji normalitas data SNR dan CNR sebelum serta sesudah enhancement menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dengan tingkatan signifikansi 0,05 untuk memastikan distribusi normal, di mana $p\text{-value} > 0,05$ menunjukkan data normal, dan $p\text{-value} \leq 0,05$ menunjukkan data tidak normal. Selanjutnya, uji *paired t-test* digunakan untuk membandingkan SNR dan CNR sebelum dan sesudah enhancement, menghitung t-statistik dengan $p\text{-value}$, di mana $p\text{-value} < 0,05$ menolak H_0 , menunjukkan perbedaan signifikansi yang mendukung H_1 .

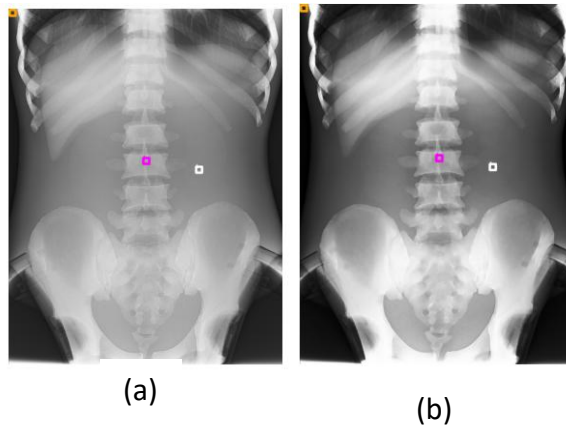
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

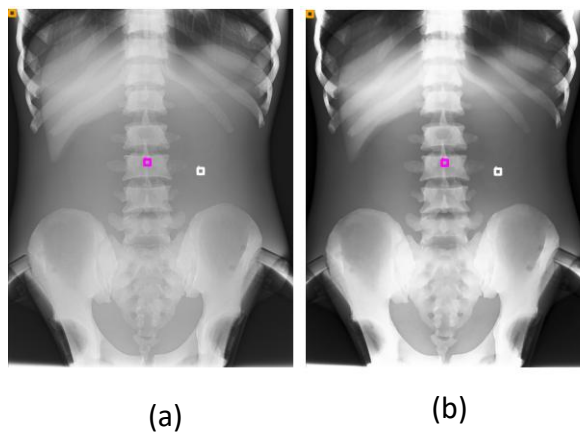
Telah dilakukan penelitian mengenai perbandingan kualitas citra radiografi abdomen dengan menggunakan pengolahan citra *Phyton* yang dilakukan di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa hasil radiograf *abdomen*, dan menggunakan bahasa pemrograman *Phyton* dijalankan dalam lingkungan *Google Colab*.



Gambar 2. (a) Radiograf abdomen asli (kV 50, mAs 10)
(b) Radiograf abdomen setelah image enhancement (kV 50, mAs 10)



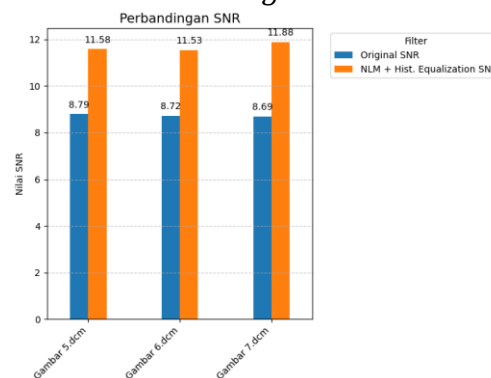
Gambar 3. (a) Radiograf abdomen asli (kV 50, mAs 12)
 (b) Radiograf abdomen setelah image enhancement (kV 50, mAs 12)



Gambar 4. (a) Radiograf abdomen asli (kV 50, mAs 16)
 (b) Radiograf abdomen setelah image enhancement (kV 50, mAs 16)

Hasil Pengukuran Nilai SNR dan CNR antara

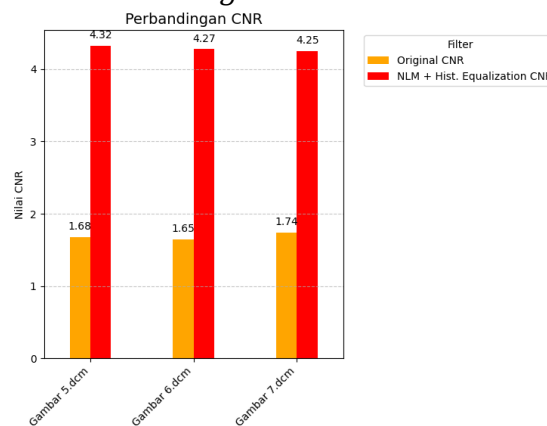
Nilai SNR Pada Citra Asli dan Citra Setelah *Image Enhancement*



Grafik 1. Hasil pengukuran SNR pada citra asli Citra setelah *Image Enhancement*

Pada Grafik 1, perbandingan SNR menunjukkan bahwa pada ketiga citra, nilai SNR hasil *image enhancement* dengan metode *Non-Local Means* (NLM) dan *Histogram Equalization* mengalami peningkatan dibanding citra asli. Pada citra Gambar 5, nilai SNR naik dari 8,79 menjadi 11,58, citra Gambar 6 naik dari 8,72 menjadi 11,53, dan citra Gambar 7 naik dari 8,69 menjadi 11,88. Nilai SNR mengalami peningkatan signifikan pada seluruh citra, dengan rata-rata naik dari sekitar 8,73 menjadi 11,66. Peningkatan ini menunjukkan bahwa proses *enhancement* berhasil mengurangi *noise* relatif terhadap sinyal, sehingga citra menjadi lebih jernih secara visual. Prinsip NLM bekerja dengan membandingkan kemiripan blok piksel untuk mengurangi *noise* tanpa menghilangkan detail, sedangkan *Histogram Equalization* membantu meratakan distribusi intensitas piksel untuk meningkatkan kontras lokal.

1. Nilai CNR Pada Citra Asli dan Setelah *Image Enhancement*



Grafik 2. Hasil pengukuran CNR pada citra asli dan setelah *image Enhancement*

Pada Grafik 2, Grafik CNR juga menunjukkan tren peningkatan pada semua citra setelah *enhancement* menggunakan *Non-Local Means* (NLM) dan *Histogram Equalization* (HE). Nilai CNR pada Gambar 5 meningkat dari 1,68 menjadi 4,32, pada Gambar 6 naik dari 1,65 menjadi 4,27, dan pada Gambar 7 dari 1,74 menjadi 4,25. Nilai CNR mengalami peningkatan signifikan pada seluruh citra, meningkat dari rata-rata 1,69 menjadi 4,28. Nilai CNR yang lebih tinggi mengindikasikan kemampuan citra untuk membedakan kontras antar struktur anatomi dan latar belakang semakin baik. Hal ini secara visual dapat membantu radiolog mengidentifikasi detail struktur anatomi dengan lebih mudah.

2. Uji Normalitas Data

Dalam penelitian ini, fokus utamanya adalah menganalisis dampak dari teknik *image enhancement* menggunakan *Non-Local Means* (NLM) dan *Histogram Equalization* (HE) terhadap kualitas citra radiografi. Untuk membuktikan efektivitas teknik ini, digunakan dua parameter ukur kuantitatif yang sangat penting, yaitu *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast to Noise Ratio* (CNR). Tujuannya adalah melihat apakah ada perbedaan yang signifikan antara nilai SNR dan CNR pada citra sebelum dan sesudah dilakukan *enhancement* menggunakan *Non-Local Means* (NLM) dan *Histogram Equalization* (HE).

Oleh karena itu, langkah awal yang dilakukan adalah melakukan uji normalitas. Uji ini penting untuk menentukan apakah data nilai SNR dan CNR yang diperoleh memiliki distribusi normal. Dalam penelitian ini menggunakan *Shapiro-Wilk Test* karena metode ini

dianggap sangat cocok untuk sampel data yang berukuran kecil. Data diperoleh dari analisis citra radiograf abdomen dalam dua kondisi yaitu asli dan sesudah *image enhancement*. Pengolahan data dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Phyton*, di mana uji normalitas dilakukan menggunakan metode dengan syarat jika nilai $p\text{-value} \leq \alpha$ (taraf signifikansi, 0,05), maka variabel tersebut tidak memiliki distribusi normal, sedangkan jika nilai $p\text{-value} > \alpha$ maka variabel tersebut memiliki distribusi normal. Berdasarkan hasil dari *Shapiro-Wilk* didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Uji normalitas data SNR

Variabel	Value <i>Shapiro-Wilk</i>	Peterangan
Citra Asli	,6143	berdistribusi normal
Enhancement	,2463	berdistribusi normal

Tabel 2. Uji normalitas data CNR

Variabel	Value <i>Shapiro-Wilk</i>	Peterangan
Citra Asli	.5681	berdistribusi normal
Enhancement	.7347	berdistribusi normal

Tabel 1 dan 2 memperlihatkan bahwa nilai $p\text{-value}$ untuk seluruh variabel pada uji normalitas lebih besar dari 0,05. Hal ini mengindikasikan bahwa data penelitian ini berdistribusi normal, sehingga valid untuk melanjutkan analisis menggunakan uji statistik parametrik.

3. Uji Beda Parametrik

Setelah data dipastikan berdistribusi normal melalui uji normalitas, langkah selanjutnya adalah melakukan uji beda. Karena data penelitian ini terdistribusi secara normal, maka uji yang paling sesuai adalah uji parametrik, yaitu *paired sample t-test*. Uji ini sangat relevan karena melibatkan perbandingan dua kelompok data yang berpasangan, yakni data dari citra asli sebelum dan sesudah dilakukan *enhancement* menggunakan *Non-Local Means* (NLM) dan *Histogram Equalization* (HE). Uji ini secara spesifik dirancang untuk mengevaluasi apakah ada perbedaan rata-rata yang signifikan secara statistik antara dua sampel berpasangan tersebut. Dengan kata lain, tujuan dari uji beda adalah untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) pada citra sebelum dan sesudah *enhancement*. Dalam konteks statistik, nilai $p\text{-value}$ menjadi kriteria utama untuk mengambil keputusan. Nilai ini merepresentasikan probabilitas untuk mendapatkan hasil yang sama ekstrem atau lebih ekstrem dari data yang ada, dengan asumsi hipotesis nol adalah benar. Jika nilai $p\text{-value} \leq \alpha$ (taraf signifikansi, 0,05), ini mengindikasikan bahwa terdapat cukup bukti untuk menolak hipotesis nol, sehingga temuan yang ada dianggap signifikan secara statistik. Sebaliknya, jika $p\text{-value} > \alpha$, tidak ada cukup bukti untuk

menolak hipotesis nol, sehingga temuan tersebut dianggap tidak signifikan secara statistik. Pengolahan data dan analisis statistik ini dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Phyton*. Berdasarkan hasil dari *paired sample t-test* didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Uji beda SNR

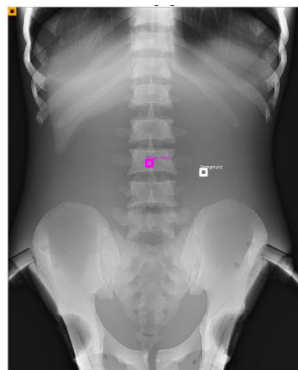
variabel	<i>p-value</i>	Keterangan
Perbedaan antara kelompok	0,0019	Terdapat perbedaan signifikan

Tabel 4. Uji beda CNR

variabel	<i>p-value</i>	Keterangan
Perbedaan antara kelompok	0,0003	Terdapat perbedaan signifikan

Berdasarkan tabel hasil analisis uji paired sample t-test, diketahui bahwa nilai *p-value* SNR sebesar ($p=0,0019$) dan CNR ($p=0,0003$). Karena kedua nilai *p-value* ini lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$), maka hipotesis nol ditolak. Maka dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara nilai SNR dan CNR citra radiografi abdomen pada citra asli dan sesudah di lakukan *image enhancement*.

4. Citra Radiografi Abdomen Non-Kontras Dengan Faktor Eksposi Standar



Gambar 5. Radiograf abdomen (kV 75, mAs 15)

Gambar 8 di atas menunjukkan citra radiografi *abdomen* non-kontras yang dihasilkan menggunakan parameter eksposi standar, yaitu kV 75 dan mAs 15. Citra ini berfungsi sebagai titik acuan penting dalam penelitian ini. Pengukuran kuantitatif terhadap citra tersebut menghasilkan nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) sebesar 55,51 dan *Contrast to Noise Ratio* (CNR) sebesar 8,77. Pengambilan data dengan parameter eksposi standar ini menjadi dasar yang krusial untuk analisis lebih lanjut. Nilai SNR dan CNR dari citra standar ini menjadi landasan ilmiah untuk memvalidasi efektivitas teknik *image enhancement* menggunakan metode *Non-Local Means* (NLM) dan *Histogram Equalization*. Dengan memanfaatkan citra ini sebagai pembanding, penelitian dapat secara objektif menunjukkan bahwa algoritma berbasis *Phyton* yang dikembangkan mampu meningkatkan nilai SNR dan CNR secara

signifikan.

Pembahasan

Berdasarkan penelitian mengenai analisis kualitas citra radiografi *abdomen* non-kontras dengan teknik pengolahan citra *Phyton* menggunakan kombinasi metode *Non-Local Means (NLM)* untuk mengurangi *noise* dan *Histogram Equalization* untuk meningkatkan kontras, penelitian ini membandingkan nilai *Signal to Noise Ratio (SNR)* dan *Contrast to Noise Ratio (CNR)* sebelum dan sesudah proses *image enhancement*. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan pada kedua parameter tersebut, yang diukur pada citra dengan pengaturan eksposi rendah (kV 50, variasi mAs 10, 12, dan 16) diperoleh hasil sebagai berikut:

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

Hasil perhitungan menunjukkan adanya peningkatan nilai SNR yang signifikan sebelum dan sesudah *enhancement* pada seluruh gambar, Nilai SNR pada Gambar 5 sebesar 8,79 meningkat menjadi 11,58 sesudah *enhancement*. Pada Gambar 6 nilai awal 8,72 meningkat menjadi 11,53, dan pada Gambar 7 dari 8,69 naik menjadi 11,88. Rata-rata peningkatan mencapai sekitar 33% dari nilai awal. Berdasarkan hasil uji *paired sampel t-test*, terdapat perbedaan signifikan antara nilai *Signal to Noise Ratio (SNR)* pada citra radiografi *abdomen* non-kontras sebelum dan sesudah *enhancement* menggunakan *Non-Local Means (NLM)* dan *Histogram Equalization (HE)* berbasis *Phyton*, dengan nilai *p-value* sebesar ($p=0,0019$) lebih kecil dari 0,05 ($p<0,05$). Hal ini menunjukkan keberhasilan metode NLM dalam mengurangi *noise* tanpa menghilangkan detail anatomi, yang didukung HE dalam memperjelas distribusi intensitas.

Signal to noise ratio (SNR) adalah perbandingan antara kekuatan sinyal yang diinginkan dengan tingkat *noise* yang ada pada citra (Astria, 2024). Nilai SNR yang tinggi menunjukkan bahwa informasi pada citra lebih dominan dari pada gangguan visual, sehingga kualitasnya lebih baik. Berdasarkan penelitian (Fauziah et al., 2024), metode NLM efektif mengurangi *noise* dengan mempertahankan detail halus, sedangkan HE mendistribusikan ulang intensitas piksel agar kontras lokal meningkat. Pada penelitian oleh (Ahishakiye et al., 2021) dalam survei tentang deep learning untuk rekonstruksi gambar medis menunjukkan bahwa teknik berbasis *Phyton*, seperti yang menggunakan *OpenCV* dan *scikit-image*, dapat meningkatkan SNR secara signifikan pada pencitraan medis, termasuk radiografi, dengan mengurangi *noise* dan memperbaiki kualitas gambar secara kuantitatif. Hal ini sejalan dengan penelitian ini, di mana penggunaan NLM dan HE pada *Phyton* berhasil mengoptimalkan sinyal diterima dari detektor meskipun faktor eksposi berada di bawah standar *abdomen*.

Penggunaan *image enhancement* dengan *Phyton* pada *digital radiography* mampu meningkatkan nilai *signal to noise ratio (SNR)* secara signifikan seperti yang di tunjukkan dalam penelitian ini. Berdasarkan pengamatan hasil, peningkatan SNR yang mencapai 33% menunjukkan potensi besar *Phyton* dengan kombinasi NLM dan HE mampu mengoptimalkan kualitas citra meskipun faktor eksposi berada di bawah standar *abdomen*, sebagai solusi untuk mengimbangi keterbatasan eksposi tanpa mengorbankan kualitas diagnostik.

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

Hasil pengukuran nilai CNR mengalami peningkatan pada seluruh citra radiografi

abdomen non-kontras setelah dilakukan *image enhancement* menggunakan metode *Non-Local Means* (NLM) dan *Histogram Equalization* (HE) berbasis *Phyton*. Nilai CNR pada Gambar 5 meningkat dari 1,68 menjadi 4,32, Gambar 6 dari 1,65 menjadi 4,27 dan Gambar 7 dari 1,74 menjadi 4,25. Rata-rata peningkatan mencapai dua kali lipat dari nilai awal. Berdasarkan hasil uji *paired sampel t-test*, terdapat perbedaan signifikan antara nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) pada citra radiografi abdomen non-kontras sebelum dan sesudah *enhancement* menggunakan *Non-Local Means* (NLM) dan *Histogram Equalization* (HE) berbasis *Phyton*, dengan nilai *p-value* sebesar ($p=0,0003$) lebih kecil dari 0,05 ($p<0,05$). Peningkatan ini konsisten di semua gambar, mengindikasikan bahwa kemampuan citra dalam membedakan kontras antar struktur anatomi menjadi lebih jelas setelah *image enhancement*.

Menurut (Huda & Abrahams, 2015), CNR merupakan indikator penting dalam evaluasi kualitas citra karena mengukur kemampuan citra untuk menampilkan perbedaan kontras di tengah keberadaan *noise*. Nilai CNR yang tinggi mempermudah radiolog membedakan batas antar struktur yang memiliki densitas serupa. Metode HE bekerja dengan meratakan distribusi intensitas piksel sehingga perbedaan kontras lokal menjadi lebih nyata, sedangkan NLM mengurangi *noise* sehingga kontras yang ada tidak tertutupi oleh gangguan visual. Berdasarkan penelitian (Tian et al., 2023) tentang deep learning untuk *enhancement* gambar MRI low-light, teknik berbasis *Phyton* seperti denoising autoencoders dapat meningkatkan CNR hingga 20-30% dengan menintegrasikan convolutional neural networks, yang mirip dengan pendekatan NLM dan HE dalam penelitian ini untuk radiografi.

Peningkatan CNR yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan NLM dan HE tidak hanya efektif mengurangi *noise* (meningkatkan SNR), tetapi juga mempertajam kontras antar struktur anatomi. Dengan CNR yang lebih tinggi, citra menjadi lebih informatif secara visual dan lebih memudahkan dalam proses interpretasi klinis, khususnya dalam mendeteksi perbedaan densitas jaringan pada radiografi *abdomen* non-kontras.

3. Optimalisasi Pengolahan Citra Digital pada Citra Faktor Eksposi Rendah

Dalam penelitian ini, citra radiografi abdomen dihasilkan menggunakan faktor eksposi rendah, yaitu kV 50 dengan variasi mAs 10, 12, dan 16. Pengaturan ini berada di bawah standar eksposi untuk pemeriksaan *abdomen* dewasa yang umumnya memerlukan kV lebih tinggi (70-85) dan mAs yang memadai. Akibatnya, citra awal memiliki nilai SNR dan CNR yang relatif rendah. Sebagai perbandingan, pada Gambar 8 citra radiografi abdomen yang diambil dengan faktor eksposi standar (kV 75 dan mAs 15) menunjukkan nilai SNR sebesar 55.51 dan CNR sebesar 8.77. Meski demikian, setelah *image enhancement* menggunakan kombinasi *Non-Local Means* (NLM) dan *Histogram Equalization* (HE), nilai SNR dan CNR meningkat signifikan pada seluruh sampel, membuat citra layak untuk interpretasi diagnostik.

Faktor eksposi memegang peranan penting dalam kualitas citra radiografi. kV rendah cenderung meningkatkan kontras tetapi mengurangi daya tembus, sehingga detail anatomi pada objek tebal seperti *abdomen* dapat hilang. Sementara itu, mAs rendah mengurangi jumlah foton sinar-X yang mencapai detektor, sehingga meningkatkan *noise* (Lampignano & Kendrick, 2018)(Asriningrum et al., 2021). Teknik pengolahan citra digital dapat digunakan untuk mengatasi keterbatasan ini. NLM mengurangi *noise* tanpa merusak detail penting

dengan cara membandingkan pola piksel yang mirip di seluruh citra. *Histogram Equalization* memperbaiki distribusi intensitas piksel, meningkatkan kontras global maupun lokal, sehingga struktur anatomi yang sebelumnya samar menjadi lebih jelas (Fauziah et al., 2024). Dalam praktik klinis, pendekatan ini sejalan dengan prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) dalam radiologi, yang menekankan pentingnya meminimalkan dosis radiasi tanpa mengorbankan kualitas diagnostik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa post-processing mampu menjadi solusi efektif untuk mengoptimalkan kualitas citra yang dihasilkan pada kondisi eksposi rendah. Selain itu, teknik ini mendukung prinsip ALARA dengan memungkinkan penggunaan eksposi rendah (kV 50) yang diimbangi pengolahan citra, sehingga mengurangi dosis radiasi dibandingkan standar (kv 70-85). Pendekatan ini sangat relevan pada pemeriksaan pediatrik, pasien dengan riwayat pemeriksaan berulang, atau situasi dengan keterbatasan teknis peralatan. Namun, perlu diingat bahwa pengolahan citra yang dihasilkan dari eksposi sesuai standar akan selalu memberikan kualitas dasar yang lebih baik, sementara post-processing sebaiknya digunakan sebagai upaya tambahan untuk meningkatkan kualitas citra yang kurang ideal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis kualitas citra *digital radiography abdomen* non-kontras berdasarkan nilai SNR dan CNR dengan teknik pengolahan citra *Phyton*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

Teknik image *enhancement* menggunakan *Non-Local Means* (NLM) dan *Histogram Equalization* (HE) pada bahasa pemrograman *Phyton* terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas citra radiografi abdomen non-kontras, terutama pada kondisi eksposi rendah menggunakan kV 50 dengan variasi mAs 10, 12, dan 16. Nilai SNR mengalami peningkatan signifikan pada seluruh citra, dengan rata-rata naik dari sekitar 8,73 menjadi 11,66, yang menunjukkan pengurangan *noise* yang efektif tanpa menghilangkan detail anatomi penting. Demikian pula, nilai CNR meningkat dari rata-rata 1,69 menjadi 4,28, sehingga kemampuan citra dalam membedakan kontras antar struktur anatomi menjadi lebih baik, memudahkan interpretasi diagnostik.

Hasil uji beda dengan paired sample t-test membuktikan hipotesis alternatif (H_1) yang menyatakan bahwa terdapat perbedaan signifikan secara statistik antara nilai SNR ($p=0,0019$) dan CNR ($p=0,0003$) sebelum dan sesudah *enhancement* citra ($p<0,05$), membuktikan bahwa teknik ini memberikan dampak positif yang nyata.

Penelitian ini telah membuktikan efektivitas teknik pengolahan citra digital berbasis *Phyton* dalam meningkatkan kualitas citra radiografi yang dihasilkan dengan faktor eksposi rendah. Untuk pengembangan di masa mendatang, disarankan agar penelitian selanjutnya dapat menyesuaikan algoritma berdasarkan karakteristik citra. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) dalam radiologi, karena memungkinkan penggunaan faktor eksposi rendah tanpa mengorbankan kualitas citra diagnostik. Namun, untuk aplikasi klinis lebih luas, disarankan untuk menguji teknik ini pada citra pasien nyata, serta mempertimbangkan integrasi dengan model deep learning untuk optimalisasi lebih lanjut. Secara keseluruhan, pengolahan citra berbasis *Phyton* menawarkan solusi efisien dan terjangkau untuk meningkatkan kualitas pencitraan medis, yang dapat

mendukung akurasi diagnostik di bidang radiologi, sekaligus meminimalkan dosis radiasi pada pasien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahishakiye, E., Van Gijzen, M. B., Tumwiine, J., Wario, R., & Obungoloch, J. (2021). A survey on deep learning in medical image reconstruction. *Intelligent Medicine*, 1(3), 118–127. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.imed.2021.03.003>
- [2] Albrecht, M. H., Scholtz, J.-E., Kraft, J., Bauer, R. W., Kaup, M., Dewes, P., Bucher, A. M., Burck, I., Wagenblast, J., Lehnert, T., Kerl, J. M., Vogl, T. J., & Wichmann, J. L. (2015). Assessment of an Advanced Monoenergetic Reconstruction Technique in Dual-Energy Computed Tomography of Head and Neck Cancer. *European Radiology*, 25(8), 2493–2501. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-3627-1>
- [3] Asriningrum, S., Ansory, K., & Hasan, P. T. (2021). Faktor Eksposi terhadap Kualitas Citra Radiografi dan Dosis Pasien Menggunakan Parameter Penilaian Signal to Noise Ratio (SNR) pada Pemeriksaan Thorax Posteroanterior dengan Menggunakan Pesawat Computed Radiografi. *Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD)*, 7(1), 15–18. <https://doi.org/10.31983/jimed.v7i1.6650>
- [4] Astria, R. (2024). Analisis Kualitas Citra Radiografi Cr Dengan Signal To Noise Ratio (Snr) Dan Contrasts To Noise Ratio (Cnr) Menggunakan Microdicom. *Interdisciplinary Journal of MedTech and EcoEngineering (IJME) DOI*, 1(1), 1–9.
- [5] Auliana, S., Janah, M. N., Dwiki, G., & Aryono, P. (2024). KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Multi-Domain Medical Image Enhancement Through Fuzzy and Regression Neural Network Approach. *Media Online*, 4(6), 2733–2743. <https://doi.org/10.30865/klik.v4i6.1875>
- [6] Azmi Anugrah, N., dan Nurul Fuadi Jurusan Fisika, S., Sains dan Teknologi, F., & Alauddin Makassar, U. (2018). Pengukuran Entrasse Skin Exposure Dan Laju Paparan Radiasi Hambur Pada Pemeriksaan Kepala Dengan Metode Tegangan Tinggi Di Rumah Sakit Bhayangkara Makassar. *JFT. No. 1*, 5(1), 62–71.
- [7] Fauziah, E., Bagus Sadewo, F., Putra, H. M., Rosyani, P., & Komputer, F. I. (2024). Penerapan Image Processing Menggunakan OpenCV dan Python untuk Memperhalus Gambar Melalui Smoothing Image dengan Metode Gaussian Blur. *Indonesian Journal of Networking and Security (IJNS)*, 13(2), 1–7. <https://ijns.org/journal/index.php/ijns/article/view/1838>
- [8] Fuadi, N., Jusli, N., & Harmini. (2022). Pemantauan Dosis Perorangan Menggunakan Thermoluminescence Dosimeter (Tld) Di Wilayah Papua Dan Papua Barat Tahun 2020-2021. *Jurnal Sains Fisika*, 2(1), 63–74. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/sainfis>
- [9] Gong, Y., Qiu, H., Liu, X., Yang, Y., & Zhu, M. (2024). *Research and Application of Deep Learning in Medical Image Reconstruction and Enhancement*. 7(3).
- [10] Gouillart, E., Iglesias, J. N., & Walt, S. Van Der. (2016). Analyzing microtomography data with Python and the scikit - image library. *Advanced Structural and Chemical Imaging*. <https://doi.org/10.1186/s40679-016-0031-0>
- [11] Huda, W., & Abrahams, R. B. (2015). X-Ray-Based Medical Imaging and Resolution. *American Journal of Roentgenology*, 204(4), W393–W397.

- <https://doi.org/10.2214/AJR.14.13126>
- [12] Kempinski, K. M., Graham, M. T., Gubbi, M. R., Palmer, T., & Lediju Bell, M. A. (2020). Application of the generalized contrast-to-noise ratio to assess photoacoustic image quality. *Biomedical Optics Express*, 11(7), 3684–3698. <https://doi.org/10.1364/BOE.391026>
- [13] Kumar, N., Verma, R., Sharma, S., Bhargava, S., Vahadane, A., & Sethi, A. (2017). A Dataset and a Technique for Generalized Nuclear Segmentation for Computational Pathology. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 36(7), 1550–1560. <https://doi.org/10.1109/TMI.2017.2677499>
- [14] Lampignano, J. P., & Kendrick, L. E. (2018). *Bontrager's Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy*. Elsevier. https://books.google.co.id/books?id=SO_r_vQAACAAJ
- [15] Li, W., Diao, K., Wen, Y., Shuai, T., You, Y., Zhao, J., Liao, K., Lu, C., Yu, J., He, Y., & Li, Z. (2022). High-strength deep learning
- [16] image reconstruction in coronary CT angiography at 70-kVp tube voltage significantly improves image quality and reduces both radiation and contrast doses. *European Radiology*, 32(5), 2912–2920. <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08424-5>
- [17] Long, B. W., Rollins, J. H., & Smith, B. J. (2015). *Merrill's Atlas of Radiographic Positioning and Procedures: 3-Volume Set*. Elsevier Health Sciences. <https://books.google.co.id/books?id=K8eNCgAAQBAJ>
- [18] Maulana, A., Auliatunnajah, F., Rosidin, N., Ramadien Rizki Darmawan, M., & Rosyani, P. (2024). Implementasi OpenCV dengan Metode Image Thresholding pada Gambar. *Jurnal Artificial Inteligent Dan Sistem Penunjang Keputusan*, 2(1), 27–32. <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/aidanspk>
- [19] Nurvan, H., Wardani, A. K., & Palupi, N. E. (2023). Karakteristik Pemeriksaan Pasien Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Ananda Babelan Bekasi Periode Agustus 2021–Juli 2022: Studi Retrospektif. *Jurnal Pandu Husada*, 4(4), 1–14.
- [20] Patel, S., P, B. K., & Muthu, R. K. (2020). *Medical Image Enhancement Using Histogram Processing and Feature Extraction for Cancer Classification*. <http://arxiv.org/abs/2003.06615>
- [21] Rahmat, Y., Melani Gustia, R., & Salim, A. (2022). ANALISIS SEBARAN RADIASI HAMBUR PESAWAT SINAR X KONVENSIONAL DI INSTALASI RADIOLOGI RSIA ZAINAB. *Medical Imaging and Radiation Protection Research (MIROR) Journal*, 2(1 SE-Articles), 1–6. <https://doi.org/10.54973/mirror.v2i1.206>
- [22] Tian, Z., Qu, P., Li, J., Yukun, S., Li, G., Liang, Z., & Zhang, W. (2023). A Survey of Deep Learning-Based Low-Light Image Enhancement. *Sensors*, 23, 7763. <https://doi.org/10.3390/s23187763>
- [23] Zhang, H., Zeng, D., Zhang, H., Wang, J., Liang, Z., & Ma, J. (2017). Applications of nonlocal means algorithm in low-dose X-ray CT image processing and reconstruction: A review. *Medical Physics*, 44(3), 1168–1185. <https://doi.org/10.1002/MP.12097>