

ANALISIS PERBANDINGAN SNR DAN CNR PADA CITRA DIGITAL RADIOGRAPHY KEPALA NON KONTRASMENGUNAKAN METODE PENGOLAHAN CITRA PHYTON

Oleh

Kalpin¹, Anshor Nugroho², Muhammad Fakhrurreza³

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

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

³muhhammadfakhrurreza@unisayogya.ac.id

Article History:

Received: 15-07-2025

Revised: 22-07-2025

Accepted: 18-08-2025

Keywords:

SNR and CNR.Phyton
Image

Abstract: Background: This study compares SNR and CNR in non-contrast head X-rays using Python. Head image quality is crucial due to its complex anatomical structure and the importance of small details in determining a diagnosis. Python is used to objectively analyze image clarity, read medical data, calculate SNR and CNR values, and display the results visually. This research is expected to help physicians obtain clearer images, accelerate diagnoses, and improve the quality of radiology services. **Methods:** This research was conducted at the Radiology Laboratory of Aisyiyah University Yogyakarta from March to May 2025. The subjects used were not live patients, but rather cranium phantoms, which are artificial models of human heads typically used for training or research to ensure safety. In this study, three different X-ray settings were used: 70 kV 10 mAs, 75 kV 12 mAs, and 80 kV 15 mAs. Each setting produced head X-rays with varying levels of brightness and sharpness. The images were saved in a medical-specific format called DICOM. Next, the images were analyzed using the Python programming language through the Google Colab platform. This analysis was carried out to calculate two important things: SNR (Signal-to-Noise Ratio), which describes how clear the image signal is compared to interference or "noise," and CNR (Contrast-to-Noise Ratio), which indicates how easy it is to distinguish two tissues or parts in the image. This calculation was carried out both before and after the image was improved through the image enhancement process. In this way, researchers can assess whether image processing actually makes head X-rays clearer and more useful for medical diagnosis. **Results:** The results showed that after image processing with Python, the SNR values increased in some settings, resulting in cleaner images, but the CNR values decreased in all images. This means that although the images appear sharper and clearer visually, the ability to distinguish anatomical structures is reduced. Therefore, improving visual

*quality through image enhancement does not always translate into improved diagnostic quality, requiring caution when applying it to radiology. **Conclusion:** The conclusion of this study is that processing non-contrast head radiographic images using Python can improve the SNR value in several parameter variations, so that the image appears cleaner from noise interference. However, the CNR value tends to decrease in all variations, which means the ability to distinguish anatomical structures is reduced. This shows that increasing visual acuity of the image is not always directly proportional to improving diagnostic quality, so image enhancement techniques need to be applied carefully to maintain a balance between image clarity and clarity of anatomical details to support medical diagnosis*

PENDAHULUAN

Radiologi adalah salah satu cabang ilmu kedokteran yang memanfaatkan radiasi untuk membantu dokter mendiagnosis penyakit serta melihat kondisi organ di dalam tubuh. Proses ini dilakukan menggunakan teknologi pencitraan, seperti sinar-X atau bahan radioaktif, untuk menghasilkan gambar bagian dalam tubuh. Dalam radiologi, terdapat dua jenis sumber radiasi yang digunakan, yaitu radiasi pengion dan radiasi non-pengion. Radiasi pengion adalah gelombang elektromagnetik atau partikel bermuatan yang memiliki energi cukup besar untuk mengubah atau mengionisasi atom di dalam jaringan tubuh. Kemampuan inilah yang membuat radiasi pengion efektif untuk pencitraan medis, namun penggunaannya harus hati-hati karena berpotensi menimbulkan efek samping jika dosisnya berlebihan.

Salah satu jenis pemeriksaan radiologi adalah pemeriksaan radiografi cranium, yaitu pemeriksaan menggunakan sinar-X untuk melihat kondisi tulang tengkorak dan struktur di dalam kepala. Pemeriksaan ini sering dilakukan dalam situasi darurat, seperti pada pasien yang mengalami cedera kepala akibat kecelakaan, dugaan patah tulang tengkorak, robekan pada selaput otak, atau kerusakan jaringan otak. Dalam kondisi-kondisi tersebut, dokter memerlukan informasi yang cepat dan akurat dari hasil radiografi untuk menentukan tindakan medis yang tepat. Hal ini sangat penting untuk menyelamatkan nyawa pasien dan mencegah terjadinya kecacatan permanen di kemudian hari.

Menurut Dewilza et al. (2023), cranium atau tengkorak adalah bagian tubuh yang cukup tebal dan tersusun dari banyak tulang yang saling menyatu. Karena sifatnya yang padat, tengkorak menyerap banyak radiasi hambur, yaitu radiasi yang menyebar ke berbagai arah setelah menabrak jaringan. Radiasi hambur ini bisa menurunkan kejernihan gambar pada pemeriksaan radiologi. Oleh karena itu, saat memeriksa cranium, sangat disarankan untuk menggunakan pengaturan dan teknik pencitraan dengan kualitas tinggi, agar gambar yang dihasilkan jelas dan detail sehingga memudahkan dokter dalam mendiagnosis kondisi pasien.

Menurut Siti Rosidah (2020), kualitas citra pada radiografi sangat penting karena

menentukan seberapa akurat gambar tersebut merepresentasikan bagian anatomi pasien. Citra dikatakan berkualitas baik jika mampu memperlihatkan struktur tubuh dan jaringan lunak secara jelas, sehingga dokter dapat dengan mudah membedakan dan mengidentifikasi setiap detail yang ada. Sebaliknya, jika citra buram atau strukturnya sulit dibedakan oleh mata manusia, maka kualitasnya dianggap buruk. Pentingnya kualitas citra ini sejalan dengan prinsip dalam ajaran Islam yang mendorong ketelitian dan kehati-hatian, sebagaimana disebutkan dalam hadits Ibnu Majah, bahwa Rasulullah mengajarkan umatnya untuk melakukan setiap pekerjaan dengan sebaik-baiknya dan penuh tanggung jawab, termasuk dalam pemeriksaan medis.

طَلِبُ الْعِلْمِ فَرِيضَةٌ عَلَى كُلِّ مُسْلِمٍ

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

Menurut Mark E. Baker dkk. (2016), kualitas citra radiografi dapat dinilai melalui ketajaman kontras, sedangkan Bechara dkk. (2012) menegaskan bahwa CNR lebih efektif untuk menilai citra digital karena menunjukkan perbedaan kejernihan antar jaringan. Nilai SNR dan CNR yang tinggi menandakan citra lebih jelas sehingga memudahkan diagnosis. Nugroho (2012) menjelaskan bahwa pengolahan citra radiografi, seperti pengaturan kontras, reduksi *noise*, deteksi tepi, dan histogram equalization, berfungsi untuk meningkatkan kualitas gambar.

Saat ini, bahasa pemrograman Python banyak digunakan dalam pengolahan citra medis karena sederhana, fleksibel, dan memiliki pustaka lengkap. Dengan Python, citra radiografi dapat ditingkatkan kualitasnya sekaligus dilakukan analisis kuantitatif SNR dan CNR secara objektif. Hal ini menjadikan Python sebagai solusi efektif dan terjangkau untuk mendukung diagnosis serta penelitian di bidang radiologi.

Pemeriksaan radiografi cranium merupakan prosedur yang sangat penting dalam penegakan diagnosis awal, khususnya pada pasien dengan trauma kepala, dugaan fraktur tulang tengkorak, maupun kelainan intrakranial lainnya. Akan tetapi, kualitas citra yang dihasilkan sering kali dipengaruhi oleh radiasi hambur, *noise*, serta keterbatasan teknis peralatan, sehingga detail anatomi tidak terlihat dengan jelas. Kondisi ini dapat menurunkan akurasi diagnosis dan berpotensi memperlambat pengambilan keputusan medis yang seharusnya cepat dan tepat. Oleh karena itu, penilaian kualitas citra menjadi krusial agar informasi diagnostik yang diperoleh dapat diandalkan.

Salah satu cara objektif untuk menilai kualitas citra radiografi adalah dengan menggunakan parameter Signal to Noise Ratio (SNR) dan Contrast to Noise Ratio (CNR). Kedua parameter ini mampu menggambarkan sejauh mana citra memperlihatkan detail anatomi dan perbedaan antara jaringan sehat dengan jaringan yang mengalami kelainan. Namun, dalam praktik sehari-hari, penilaian kualitas citra masih sering bersifat subjektif dan bergantung pada pengalaman radiografer maupun radiolog, sehingga menimbulkan variasi penilaian antar individu. Oleh sebab itu, dibutuhkan metode analisis berbasis teknologi digital yang dapat memberikan hasil yang lebih standar, objektif, dan konsisten.

Dalam konteks ini, Python memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam pengolahan citra radiografi. Python menyediakan berbagai pustaka yang memungkinkan peningkatan kualitas gambar, perhitungan parameter kuantitatif seperti SNR dan CNR, serta analisis citra yang lebih akurat dan efisien. Keunggulan Python juga terletak pada sifatnya

yang fleksibel, mudah digunakan, serta relatif murah dibandingkan perangkat lunak khusus radiologi. Dengan kelebihan tersebut, Python dapat menjadi solusi praktis sekaligus inovatif dalam meningkatkan kualitas analisis citra medis, baik di rumah sakit dengan fasilitas modern maupun terbatas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian berjudul “*Analisis Perbandingan SNR dan CNR pada Citra Kepala Non Kontras Menggunakan Metode Pengolahan Citra Python*” ini dilakukan dengan tujuan untuk mengukur dan membandingkan nilai SNR serta CNR pada citra kepala non kontras, mengevaluasi efektivitas Python sebagai alat bantu pengolahan citra radiografi, serta memberikan kontribusi berupa metode kuantitatif yang dapat meningkatkan akurasi dan konsistensi dalam penilaian kualitas citra radiografi. Penelitian ini diharapkan mampu mendukung pengambilan keputusan klinis yang lebih cepat, tepat, dan berbasis data objektif, sehingga berperan dalam meningkatkan mutu pelayanan medis, khususnya pada kasus gawat darurat seperti trauma kepala.

LANDASAN TEORI

A. SINAR-X

Sinar-X pertama kali ditemukan pada tahun 1895 oleh fisikawan asal Jerman bernama Wilhelm Conrad Röntgen di laboratorium Universitas Wurzburg. Saat itu, Röntgen sedang melakukan percobaan dengan tabung Crookes, yaitu tabung kaca yang di dalamnya terdapat gas bertekanan rendah dan dapat menghasilkan sinar katoda ketika dialiri listrik. Untuk mengamati efeknya, ia menempatkan tabung tersebut di dalam kotak hitam yang dilapisi kertas barium platinocyanida, sebuah bahan yang bisa berpendar (*memancarkan cahaya*) jika terkena radiasi tertentu. Yang mengejutkan, kertas tersebut tetap berpendar meskipun tidak berada di jalur langsung sinar katoda, menandakan adanya jenis radiasi baru yang tidak terlihat oleh mata manusia. Radiasi inilah yang kemudian dikenal sebagai Sinar-X, yang kini menjadi teknologi penting dalam dunia kedokteran dan industri.

Penemuan ini kemudian mengarah pada pengenalan jenis radiasi baru yang diberi nama sinar-X. Sinar-X adalah sejenis radiasi elektromagnetik, mirip dengan cahaya yang bisa kita lihat, tetapi memiliki energi jauh lebih tinggi dan panjang gelombang yang sangat pendek—sekitar satu per sepuluh ribu dari lebar rambut manusia. Karena sifatnya ini, sinar-X mampu menembus berbagai bahan, termasuk jaringan tubuh manusia, sehingga memungkinkan kita melihat bagian dalam tubuh tanpa harus membedahnya. Itulah sebabnya sinar-X banyak digunakan dalam pemeriksaan medis, seperti rontgen tulang atau organ. Proses terbentuknya sinar-X dimulai ketika elektron berenergi tinggi menabrak logam tertentu di dalam tabung khusus, menghasilkan radiasi yang keluar dalam bentuk sinar-X. Sinar ini memiliki sifat-sifat unik, seperti mampu melewati benda padat tertentu, membuat bahan tertentu berpendar, menghitamkan film fotografi, dan merambat lurus tanpa terlihat oleh mata.

Sinar-X dibuat di dalam sebuah tabung khusus yang hampa udara, sehingga tidak ada udara yang menghalangi pergerakan partikel. Di dalam tabung ini terdapat filamen yang berfungsi sebagai katoda (kutub negatif). Filamen tersebut dipanaskan hingga suhu sekitar 2.000°C dengan bantuan arus listrik dari transformator. Panas yang sangat tinggi ini membuat filamen melepaskan banyak elektron, yang kemudian membentuk awan elektron di sekitarnya. Elektron-elektron ini lalu dipercepat menuju anoda (kutub positif)

dan difokuskan ke titik tertentu menggunakan alat pengarah khusus. Ketika elektron-elektron tersebut menabrak anoda dengan kecepatan tinggi, energi yang dihasilkan berubah menjadi dua hal: sekitar 1% menjadi sinar-X, sedangkan 99% sisanya berubah menjadi panas. Inilah alasan mengapa tabung sinar-X membutuhkan sistem pendingin untuk mencegah kerusakan akibat panas berlebih.

Menurut Priyono et al., (2020), sinar-X mempunyai beberapa sifat yang dapat di manfaatkan dalam bidang *imaging diagnostic* yaitu:

1. Daya tembus

semakin tinggi tegangan tabung kv yang digunakan, maka semakin besar daya tembus nya

2. Radiasi Hambur

Ketika berkas sinar-X melewati suatu bahan, ia akan tersebar ke segala arah, menghasilkan radiasi sekunder (radiasi hambur) yang dapat mengaburkan gambaran radiograf dan film. Untuk mengurangi efek radiasi hambur ini, diperlukan penggunaan grid

3. Penyerapan

Sinar-X diserap oleh bahan atau zat sesuai dengan berat atom atau kepadatan pada bahan

4. Efek Fotografik

Sinar-X dapat menghitamkan emulsi film setelah diproses secara proses kimiawi di dalam kamar gelap

5. Ionisasi

Sinar-X dapat mengionisasikan bahan atau suatu zat sehingga berubah strukturnya.

6. Efek Biologis

Efek biologis dalam radiologi menimbulkan dampak radiasi terhadap jaringan hidup dan sel-sel tubuh manusia, sehingga efek tersebut dapat digunakan sebagai pengobatan radioterapi.

B. Kualitas Citra Radiografi

Kualitas gambar pada radiografi (foto rontgen) sangat dipengaruhi oleh sinar-X yang dihasilkan dari dua pengaturan utama pada mesin, yaitu tegangan tabung (kV) dan arus waktu (mAs). Tegangan tabung menentukan seberapa kuat energi sinar-X yang dihasilkan, sedangkan arus waktu mengatur jumlah sinar-X yang diproduksi. Untuk mendapatkan hasil gambar yang jelas, ada dua ukuran penting yang digunakan, yaitu Signal- to-Noise Ratio (SNR) dan Contrast-to-Noise Ratio (CNR). SNR menunjukkan seberapa besar informasi yang berguna dibandingkan dengan gangguan atau "bintik-bintik" noise pada gambar. Semakin tinggi SNR, semakin jelas dan bersih gambarnya. Sementara itu, CNR mengukur seberapa mudah kita membedakan objek utama dari latar belakangnya. Semakin tinggi CNR, semakin mudah membedakan detail struktur di dalam tubuh.

1. *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Salah satu cara untuk menilai kualitas gambar digital, termasuk foto rontgen, adalah dengan melihat Signal-to-Noise Ratio (SNR). SNR mengukur perbandingan antara sinyal (informasi gambar yang ingin kita lihat) dengan noise (gangguan atau bintik-bintik yang tidak diinginkan pada gambar). Bayangkan seperti mendengarkan

musik di tengah kebisingan— sinyal adalah suara musiknya, sedangkan noise adalah suara bising di sekitarnya. Semakin tinggi nilai SNR, artinya musik (informasi gambar) terdengar lebih jelas dibandingkan bisingnya, sehingga detail gambar lebih mudah dibedakan dari gangguannya. Nilai SNR ini dapat dihitung dengan rumus khusus yang membandingkan kekuatan sinyal dengan kekuatan noise, sehingga kita bisa mengetahui seberapa baik kualitas gambar tersebut.

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

Gambar 1. Rumus SNR (Satwika, dkk, 2021).

Signal-to-Noise Ratio (SNR) adalah ukuran yang membandingkan seberapa kuat sinyal gambar (informasi yang ingin kita lihat) dengan seberapa besar gangguan atau bintik-bintik acak yang disebut noise. Dalam konteks foto rontgen digital, sinyal ini ditangkap oleh imaging plate di mesin rontgen. Nilai I_s adalah rata-rata kekuatan sinyal yang diterima oleh imaging plate, sedangkan σ_b adalah ukuran besar kecilnya gangguan (noise) di area yang seharusnya kosong atau hanya latar belakang. Semakin tinggi nilai SNR, artinya gambar lebih bersih dan detailnya lebih jelas karena sinyalnya jauh lebih kuat dibanding gangguannya. Sebaliknya, jika SNR rendah, maka noise lebih dominan sehingga gambar menjadi buram atau sulit dibaca. Nilai SNR juga dipengaruhi oleh densitas gambar; jika densitas terlalu tinggi, sinyal rata-rata bisa turun, yang akhirnya membuat SNR ikut menurun dan kualitas gambar menjadi kurang baik. (Satwika, dkk, 2021).

2. Contrast to Noise Ratio (CNR)

Contrast-to-Noise Ratio (CNR) adalah ukuran yang digunakan untuk menilai seberapa jelas suatu objek terlihat dibandingkan latar belakangnya pada sebuah gambar, khususnya pada jaringan lunak tubuh. Jika nilai CNR tinggi, artinya perbedaan antara objek dan latar belakang sangat jelas, sehingga gambar yang dihasilkan akan lebih mudah dibaca dan memiliki kualitas yang lebih baik. Hal ini sangat bermanfaat.

terutama ketika memeriksa bagian tubuh dengan ketebalan dan kerapatan yang berbeda, seperti tulang tengkorak (cranium) yang memiliki densitas tinggi dan biasanya membutuhkan dosis radiasi lebih besar. Menariknya, kualitas citra yang baik tetap bisa diperoleh meskipun menggunakan arus tabung sinar-X yang rendah, sehingga pasien menerima radiasi yang lebih sedikit. Untuk menghitung CNR, digunakan rumus khusus yang membandingkan perbedaan sinyal antara objek dan latar belakang, kemudian dibagi dengan tingkat kebisingan (noise) pada gambar. Semakin besar hasil perhitungannya, semakin baik kualitas gambar tersebut.

$$CNR = \frac{S_A - S_B}{\sigma_0}$$

Gambar 2. Rumus CNR (Ningtias et al., 2022).

Contrast-to-Noise Ratio (CNR) pada dasarnya mengukur seberapa jelas suatu objek

dapat dibedakan dari latar belakangnya dalam sebuah gambar medis, seperti foto rontgen. Untuk menghitungnya, pertama kita mengambil nilai rata-rata kecerahan pada area objek yang ingin dilihat (disebut *ROI objek* atau *Region of Interest objek*, dilambangkan SA). Lalu, kita mengambil nilai rata-rata kecerahan pada area latar belakang yang berada di dekat objek tersebut (disebut *ROI latar belakang*, dilambangkan SB). Selisih antara kedua nilai ini menunjukkan perbedaan kontras antara objek dan latar belakang. Namun, agar hasilnya lebih akurat, selisih ini dibagi dengan deviasi standar latar belakang (σ_0), yaitu ukuran seberapa besar variasi atau “kebisingan” pada area latar belakang. ROI objek hanya fokus pada satu objek tertentu, sementara ROI latar belakang diambil dari daerah sekitar objek agar perbandingannya relevan. Semakin besar nilai CNR, semakin jelas objek terlihat dibandingkan latar belakang, sehingga kualitas gambarnya lebih baik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen, yang artinya peneliti melakukan percobaan langsung untuk melihat hasil dan membandingkannya. Percobaan dilakukan menggunakan phantom cranium, yaitu model kepala tiruan yang dibuat khusus untuk simulasi pemeriksaan radiologi. Penelitian berlangsung di Laboratorium Radiologi Universitas ‘Aisyiyah Yogyakarta pada bulan Maret hingga Mei 2025. Dalam pengambilan gambar, phantom cranium difoto menggunakan sinar-X dengan tiga variasi pengaturan tegangan dan arus tabung, yaitu 70 kV 10 mAs, 75 kV 12 mAs, dan 80 kV 15 mAs, sehingga dihasilkan tiga gambar radiografi dalam format DICOM (format standar untuk gambar medis). Gambar-gambar ini kemudian disimpan di Google Drive dan dianalisis menggunakan bahasa pemrograman Python melalui aplikasi Google Colab. Google Drive dihubungkan dengan Google Colab agar file gambar bisa diproses menggunakan kode pemrograman. Tujuan pengujian ini adalah menghitung dan membandingkan nilai Signal-to-Noise Ratio (SNR) dan Contrast-to-Noise Ratio (CNR) pada gambar asli sebelum pengolahan dan setelah dilakukan proses image enhancement (peningkatan kualitas gambar). Data penelitian dikumpulkan melalui observasi langsung, dokumentasi hasil radiografi, dan studi kepustakaan untuk mendukung analisis.

1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a) Hasil penelitian radiografi kepala
- b) Laptop yang digunakan untuk mengolah data menggunakan python
- c) Buku untuk mencatat hasil data peneliti

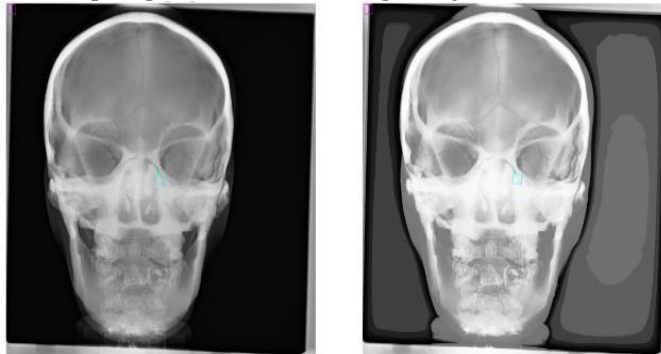
Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan kualitas gambar kepala (cranium) sebelum dan sesudah dilakukan image enhancement atau peningkatan kualitas citra. Citra asli adalah hasil pemotretan menggunakan sinar-X tanpa proses pengolahan tambahan, sedangkan citra setelah enhancement telah melalui proses komputerisasi untuk memperjelas detail gambar. Perbandingan ini bertujuan untuk melihat apakah proses enhancement benar-benar dapat meningkatkan kualitas gambar, terutama dalam hal kejernihan, ketajaman, dan kemampuan membedakan struktur di dalam kepala. Penilaian kualitas citra dilakukan menggunakan dua parameter utama, yaitu Signal-to-Noise Ratio (SNR) yang menunjukkan kejernihan sinyal dibandingkan noise, dan Contrast-to-Noise

Ratio (CNR) yang menunjukkan kemampuan membedakan objek dari latar belakangnya.

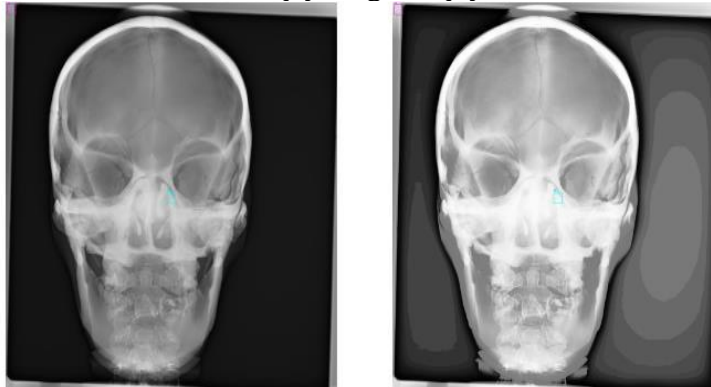
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

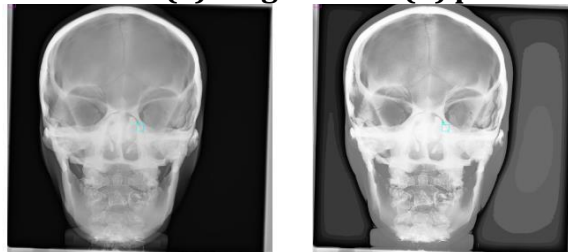
Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan kualitas gambar kepala (radiografi cranium) dengan bantuan pengolahan citra menggunakan bahasa pemrograman Python. Dalam proses pengambilan gambar, digunakan tiga variasi pengaturan mesin sinar-X, yaitu 70 kV 10 mAs, 75 kV 12 mAs, dan 80 kV 15 mAs. Pengaturan ini mempengaruhi jumlah dan kekuatan sinar-X yang digunakan, sehingga dapat menghasilkan kualitas gambar yang berbeda. Setiap pengaturan digunakan untuk mengambil gambar satu kali, sehingga total dilakukan tiga kali pemotretan. Tujuan dari variasi ini adalah untuk melihat bagaimana perubahan tegangan tabung dan arus waktu mempengaruhi hasil gambar, baik sebelum maupun sesudah dilakukan pengolahan citra dengan Python.



Gambar 3 (a) Original (b) Process



Gambar 4 (a) Original dan (b) process



Gambar 5 (a) Original dan (b) Process

1. Hasil pengukuran Nilai SNR dan CNR Antara Citra Asli dan Citra setelah Image

Enhancemen

a) Nilai SNR dan CNR pada citra asli

Tabel 1. hasil pengukuran SNR dan CNR pada citra asli

Gambar	kV mAs	SNR	CNR
A	75 kV 12 mAs	2.82	1.48
B	70 kV 10 mAs	2.96	1.43
C	80 kV 15	5.27	1.45

Berdasarkan data pada Tabel 1 hasil pengukuran kualitas gambar radiografi kepala sebelum dilakukan *image enhancement* menunjukkan perbedaan yang cukup jelas antar gambar. Signal to Noise Ratio (SNR), yang menggambarkan seberapa bersih gambar dari gangguan bintik-bintik (*noise*), paling tinggi terdapat pada Gambar C dengan nilai 5,27. Artinya, Gambar C memiliki tampilan yang relatif bersih dan jelas. Sebaliknya, Gambar A memiliki SNR terendah yaitu 2,82, yang berarti tingkat gangguan visualnya lebih tinggi sehingga gambar terlihat lebih “kasar” atau berisik. Untuk Contrast to Noise Ratio (CNR), yang menunjukkan seberapa jelas perbedaan antara objek dan latar belakang, nilai tertinggi justru ada pada Gambar A dengan 1,48. Ini menunjukkan bahwa meskipun Gambar A memiliki banyak noise, perbedaan objek dan latarnya tetap cukup jelas. Nilai CNR terendah ada pada Gambar B sebesar 1,43, sedangkan Gambar C memiliki nilai 1,45 yang sedikit lebih baik. Temuan ini menunjukkan bahwa gambar yang bersih belum tentu memiliki kontras yang paling baik, karena keduanya dipengaruhi oleh faktor yang berbeda.

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

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

Gambar	kV mAS	SNR	CNR
A	75 kV 12 mAs	2.80	1.23
B	70 kV 10 mAs	3.55	1.43
C	80 kV 15 mAs	6.75	1.15

Berdasarkan data pada Tabel 1. proses peningkatan gambar (*image enhancement*) menggunakan Python memberikan hasil yang bervariasi. Pada dua gambar, yaitu Gambar B dan Gambar C, kualitas kebersihan gambar yang diukur dengan Signal to Noise Ratio (SNR) meningkat cukup besar, masing-masing menjadi 3,55 dan 6,75. Artinya, bintik-bintik gangguan (*noise*) pada gambar berkurang, sehingga tampilannya terlihat lebih bersih. Namun, pada Gambar A, SNR justru turun menjadi 2,80, yang menunjukkan adanya gangguan atau kegagalan pada proses peningkatan gambar di tahap ini. Di sisi lain, Contrast to Noise Ratio (CNR) yang mengukur seberapa jelas perbedaan kecerahan antara objek dan latar

belakang, justru menurun drastis di semua gambar. Nilai CNR tertinggi hanya 1,43 pada Gambar B, sedangkan terendah 1,15 pada Gambar C, dan Gambar A berada di angka 1,23. Penurunan ini berarti bahwa meskipun gambar terlihat lebih bersih, kemampuan untuk membedakan detail anatomi atau struktur penting menjadi berkurang. Hal ini penting karena dalam dunia medis, kontras yang jelas sangat dibutuhkan untuk mendeteksi kelainan dengan tepat.

B. Pembahasan

Penelitian ini membandingkan kualitas gambar radiografi kepala tanpa kontras sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan citra (*image enhancement*) menggunakan

Python. Perbandingan dilakukan dengan mengukur Signal to Noise Ratio (SNR), yang menunjukkan seberapa bersih gambar dari gangguan bintik-bintik (*noise*), dan Contrast to Noise Ratio (CNR), yang menunjukkan seberapa jelas perbedaan kecerahan antara objek dan latar belakang. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan nilai SNR dan CNR setelah proses *image enhancement*. Pada beberapa gambar, SNR meningkat, yang berarti gambar menjadi lebih bersih dan detail anatomi lebih jelas. Namun, pada sebagian kasus, CNR menurun, yang artinya meskipun gambar terlihat jernih, perbedaan antara objek dan latar menjadi lebih kecil sehingga bisa menyulitkan dokter dalam membedakan struktur penting. Temuan ini menunjukkan bahwa proses peningkatan gambar harus dilakukan dengan hati-hati agar tidak hanya membuat gambar tampak “bagus” secara visual, tetapi juga tetap mempertahankan kualitas kontras yang penting untuk diagnosis medis.

1. Analisis Kualitas Citra Berdasarkan *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan *Contrast to Noise Ratio* (CNR)

Pada citra radiograf asli gambar A dengan pengaturan 75 kV dan 12 mAs, nilai Signal to Noise Ratio (SNR) sebesar 2,82 menunjukkan bahwa gangguan bintik-bintik (*noise*) masih cukup terasa, sedangkan nilai Contrast to Noise Ratio (CNR) sebesar 1,48 menunjukkan kontras antara objek dan latar berada pada tingkat sedang. Setelah dilakukan pengolahan citra menggunakan Python, nilai SNR justru sedikit turun menjadi 2,80 dan CNR menurun cukup signifikan menjadi 1,23. Penurunan ini mengindikasikan adanya *over-enhancement*, yaitu proses peningkatan gambar yang berlebihan sehingga noise ikut diperkuat, atau adanya perataan kontras lokal yang membuat perbedaan antara objek dan latar semakin tipis. Akibatnya, objek di dalam gambar menjadi lebih sulit dibedakan dari latarnya. Pola ini sesuai dengan penjelasan Manas Sarkar (2023) bahwa metode *global histogram equalization* dapat menguatkan noise di area gambar yang seragam jika tidak diberi pembatas, sehingga kontras terhadap noise malah menurun.

Penurunan nilai ini menunjukkan kemungkinan adanya kegagalan pada algoritma pengolahan citra yang digunakan. Menurut teori Muttaqin (2017), penggunaan tegangan tabung sinar-X yang terlalu tinggi memang dapat menghasilkan sinyal yang kuat sehingga gambar tampak lebih terang. Namun, hal ini juga meningkatkan risiko *overexposure*, yaitu kondisi di mana gambar menjadi terlalu terang hingga detail-detail penting justru hilang. Akibatnya, kontras antara objek dan latar belakang menurun, membuat bagian-bagian penting pada citra radiografi lebih sulit dibedakan. Kondisi ini juga dapat mengganggu proses pengolahan citra digital selanjutnya, karena algoritma sulit memisahkan informasi penting dari area yang terlalu terang.

Pada analisis citra radiograf gambar B dengan pengaturan 70 kV dan 10 mAs, nilai

Signal to Noise Ratio (SNR) awal adalah 2,96, sedikit lebih tinggi dibanding gambar A, sedangkan Contrast to Noise Ratio (CNR) berada di angka 1,43, hampir sama atau sedikit lebih rendah, yang berarti kontras efektif antara objek dan latar belakang belum banyak berubah. Setelah dilakukan proses *image enhancement*, nilai SNR meningkat dari 2,96 menjadi 3,55, sementara CNR tetap di angka 1,43. Peningkatan SNR ini menunjukkan bahwa proses *denoising* atau redistribusi intensitas berhasil membuat sinyal gambar lebih dominan dibanding noise, sehingga gambar terlihat lebih bersih, tanpa mengubah perbedaan kecerahan antara objek dan latar. Hal ini sesuai dengan temuan Xinming Liu (2011), bahwa teknik *exposure equalization* dapat memperbaiki SNR dan membantu pengamatan objek dengan kontras rendah, asalkan penyesuaian intensitas dilakukan dengan tepat.

Menurut penelitian Fauziah et al. (2024), penggunaan filter *Gaussian Blur* dalam pemrosesan citra digital dapat secara efektif meningkatkan Signal to Noise Ratio (SNR). Filter ini bekerja dengan cara menghaluskan permukaan gambar sehingga bintik-bintik gangguan (*noise*) berkurang, membuat gambar tampak lebih bersih dan rapi. Namun, teori dari Huda & Abrahams (2015) mengingatkan bahwa dalam radiografi digital, jika noise ditekan terlalu banyak tanpa menjaga perbedaan kecerahan (*kontras lokal*) pada gambar, maka kualitas visualnya bisa menurun. Artinya, meskipun angka SNR naik dan gambar terlihat halus, detail penting di dalam gambar—seperti batas antara organ atau area yang perlu diperiksa—bisa menjadi kurang jelas. Dalam konteks medis, hal ini berisiko karena dokter memerlukan kontras lokal yang baik untuk membedakan struktur anatomi dan mendeteksi kelainan.

Nilai SNR yang tinggi menunjukkan bahwa proses peningkatan gambar (*image enhancement*) berhasil membuat gambar tampak lebih bersih, dengan detail yang lebih jelas dan gangguan bintik-bintik (*noise*) yang berkurang. Ibarat kita mengedit foto menjadi lebih tajam dan terang, hasilnya memang terlihat lebih menarik bagi mata. Namun, jika CNR menurun, artinya perbedaan kecerahan antara objek dan latar belakang menjadi lebih kecil. Dalam dunia radiografi, hal ini bisa menjadi masalah karena dokter sangat bergantung pada kontras untuk membedakan berbagai struktur anatomi dan mendeteksi kelainan. Jadi, meskipun gambar terlihat jernih secara visual, bagian-bagian penting di dalamnya bisa menjadi lebih sulit dikenali. Pada kasus ini, proses pengolahan citra terlalu menitikberatkan pada penampilan visual yang “bagus” tetapi mengorbankan kualitas kontras yang sebenarnya sangat penting untuk tujuan diagnosis medis.

Pada citra radiograf asli dengan pengaturan

80 kV dan 15 mAs, nilai SNR sebesar 5,27 menunjukkan bahwa gambar cukup bersih dari gangguan bintik-bintik (*noise*), sementara nilai CNR sebesar 1,45 berarti perbedaan kecerahan antara objek dan latar belakang masih tergolong sedang. Setelah dilakukan pengolahan citra menggunakan Python dengan metode *unsharp masking*, nilai SNR meningkat signifikan menjadi 6,75. Hal ini terjadi karena metode ini mempertegas garis tepi dan detail halus pada gambar, sehingga sinyal terlihat lebih kuat. Namun, peningkatan ketajaman ini juga membuat noise ikut semakin jelas. Akibatnya, nilai CNR justru menurun menjadi 1,15 karena perbedaan rata-rata kecerahan antara objek dan latar berkurang, meski tepi objek tampak lebih tajam. Fenomena ini ibarat menajamkan foto buram: garis terlihat jelas, tetapi bintik-bintik gangguan ikut tegas, sehingga objek tidak selalu lebih

mudah dibedakan dari latarnya. Dalam konteks radiografi medis, hal ini penting karena meskipun SNR meningkat, penurunan CNR dapat mengurangi kejelasan objek untuk tujuan diagnosis. (R H Miettunen, 2019)

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ketika angka SNR naik setelah gambar diproses, artinya gambar menjadi lebih “bersih” dan detailnya terlihat lebih tajam. Dalam radiografi, hal ini berarti bentuk-bentuk anatomi seperti tulang atau jaringan bisa tampak lebih jelas, dan dokter lebih mudah mendeteksi kelainan seperti yang juga dijelaskan oleh Astria (2024). Namun, peningkatan ketajaman ini ternyata diikuti oleh penurunan angka CNR, yang artinya perbedaan kecerahan antara objek dan latar belakang berkurang. Menurut Kempfski et al. (2020), jika CNR rendah, gambar jadi kurang mampu menunjukkan perbedaan kontras antar bagian anatomi. Jadi walaupun tepi objek terlihat tajam, kadang perbedaan antar struktur justru lebih sulit dibedakan, yang bisa membuat interpretasi medis sedikit lebih menantang.

Menurut penulis, proses *image enhancement* yang dilakukan dengan pengolahan citra menggunakan Python mengubah secara signifikan kecerahan dan kontras pada gambar. Perubahan ini memang membuat detail kecil pada gambar terlihat lebih jelas, sehingga secara kasat mata gambar tampak lebih tajam dan menarik. Namun, jika dilihat dari sudut pandang pengukuran kuantitatif dan kebutuhan medis, kualitas gambar justru menurun. Hal ini karena peningkatan detail lokal sering kali disertai dengan penurunan kontras keseluruhan dan peningkatan gangguan bintik-bintik (*noise*), sehingga perbedaan antar struktur penting di dalam gambar menjadi lebih sulit dibedakan. Dalam dunia radiografi, ini bisa berakibat pada berkurangnya kemampuan dokter untuk menilai atau mendeteksi kelainan dengan tepat, walaupun gambar terlihat “lebih bagus” bagi mata awam.

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

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa setelah proses peningkatan kualitas gambar (*image enhancement*), dua gambar mengalami kenaikan *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang berarti kualitas visualnya menjadi lebih bersih dari gangguan bintik-bintik (*noise*). Pada gambar B, nilai SNR naik menjadi 3,55, sedangkan pada gambar C peningkatannya sangat besar hingga mencapai 75, yang menunjukkan detail pada gambar menjadi jauh lebih jelas. Namun, berbeda dengan keduanya, gambar A justru mengalami penurunan nilai SNR menjadi 2,80. Penurunan ini mengindikasikan bahwa proses peningkatan kualitas gambar pada gambar A tidak berjalan sebagaimana mestinya, kemungkinan karena adanya gangguan atau kegagalan pada algoritma yang digunakan. Akibatnya, gambar A menjadi lebih banyak mengandung *noise*, sehingga secara visual justru terlihat kurang jelas dan dapat menyulitkan proses interpretasi medis.

Hasil penelitian ini mendukung pendapat Knight (2020) yang menjelaskan bahwa jika detektor sinar-X menerima paparan radiasi yang lebih tinggi (*detector exposure* meningkat), maka gambar yang dihasilkan akan memiliki *Signal to Noise Ratio* (SNR) lebih tinggi, artinya gambar akan terlihat lebih bersih dan jelas. Sebaliknya, jika paparan detektor menurun, SNR juga akan turun sehingga gambar tampak lebih berisik atau berbintik. Dalam penelitian ini, peningkatan SNR yang signifikan menunjukkan bahwa proses *image enhancement* berhasil mengoptimalkan sinyal yang diterima oleh detektor digital. Hal ini sejalan dengan penelitian terbaru Marinho-Vieira et al. (2023), yang membandingkan kualitas gambar radiograf asli

dengan yang telah ditingkatkan secara manual menggunakan berbagai waktu paparan sinar-X dan sistem digital yang berbeda. Mereka menemukan bahwa sistem radiografi digital modern memiliki fleksibilitas tinggi dalam melakukan *image enhancement*, sehingga SNR dapat dioptimalkan tanpa harus selalu meningkatkan paparan radiasi, yang tentu bermanfaat untuk menjaga keselamatan pasien.

SNR (Signal to Noise Ratio) dan CNR (Contrast to Noise Ratio) pada gambar radiografi bisa naik atau turun tergantung pada cara pengolahan citra yang digunakan. Misalnya, metode pengurangan noise (*denoising*) atau penyaringan (*filtering*) yang tepat, seperti teknik *non-rigid registration* dan *KLT filtering*, dapat membuat gambar menjadi lebih bersih dan meningkatkan baik SNR maupun CNR secara signifikan. Dalam penelitian Georgeta Mihai (2012), metode ini bahkan mampu meningkatkan SNR hingga sekitar 62% dan CNR hingga 59%. Namun, jika pengurangan noise tidak dilakukan dengan benar, hasilnya justru bisa menurunkan kualitas gambar. Selain itu, perubahan kontras relatif setelah *image enhancement* juga mempengaruhi nilai ini. Kadang, proses peningkatan gambar dapat memperbesar sinyal keseluruhan tetapi justru mengurangi perbedaan kecerahan antara objek dan latar belakang. Akibatnya, SNR bisa naik tetapi CNR turun, seperti pada contoh Gambar C dalam penelitian Yu Ding (2012), di mana sinyal global meningkat namun kontras lokal melemah, sehingga objek lebih sulit dibedakan dari latarnya meskipun gambar terlihat lebih tajam.

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

Hasil pengukuran nilai CNR mengalami penurunan, dengan nilai tertinggi hanya mencapai 1,43 setelah proses *image enhancement* menggunakan pengolahan citra *phyton*. Penurunan ini mengindikasikan bahwa meskipun pengolahan digital berhasil meningkatkan *signal to noise ratio* (SNR), kemampuan citra dalam membedakan kontras antar struktur anatomi menjadi sangat rendah setelah *image enhancement*. Hasil ujinya sejalan dengan teori yang ditemukan oleh (Mahanani, 2023) yang menyatakan bahwa nilai signifikansi 0,001 yang berarti adanya perbedaan pada setiap saat memberikan *unsharp mask* pada setiap variasi matrix.

Hasil yang berbeda pada penggunaan citra asli, citra matrix 3x3, citra matrix 5x5, dan citra matrix 7x7 semuanya menghasilkan nilai yang signifikan $p < 0,05$. Perbedaan tersebut terjadi dikarenakan adanya juga perbedaan dari nilai pixel yang dihasilkan oleh beberapa citra. Meski sudah menggunakan *unsharp mask* filter sebagai filter yang mampu meningkatkan kehalusan dalam proses subtraksi pada citra asli, namun tidak memberikan perubahan yang cukup besar meski digunakan pada variasi matrix citra yang berbeda.

Menurut teori dari (Muttaqin, 2017) yang menyatakan bahwa perubahan terhadap tegangan dari sinar-X mampu mempengaruhi hasil dari citra asli. Semakin tingginya tegangan yang digunakan maka tingkat keabuan yang didapatkan akan semakin rendah, hal-hal tersebut bisa diakibatkan juga melalui tegangan tabung, arus, serta waktu paparan yang mencukupi atau tidak. Kemudian nilai CNR juga akan terus berkurang jika seiringnya bertambah suatu nilai kuat arus tabung dan waktu eksposi yang diberikan sebelumnya (mAs). Pada penelitian tersebut CNR paling rendah ditunjukkan dengan nilai 32 mAs pada tegangan tabungnya, bahkan nilai tegangannya mencapai 80 kV hasilnya tetap nol. Hal ini disebabkan pengaruh arus yang tinggi akan menghasilkan ketajaman yang rendah.

Menurut ghonzales dan woods (2018) teknik image enhancement seperti histogram equalization, unsharp masking dan noise reduction filtering digunakan untuk memperbaiki kontras, ketajaman tepi, dan mengurangi noise. Peningkatan ini membantu radiologi dalam mendeteksi kelainan seperti fraktur halus, massa intrakranial, atau perubahan densitas tulang. Bushberg et al. (2012) menekankan bahwa peningkatan kualitas citra melalui enhancement berdampak langsung pada parameter diagnostik seperti *signal-to-noise ratio* (SNR) dan *contrast-to-noise ratio* (CNR), yang berkontribusi pada peningkatan sensitivitas dan akurasi diagnosis

Maka dari itu penulis menyatakan dalam proses *Contrast to Noise Ratio* (CNR) pada Radiograf Kepala Menggunakan Citra Asli dan Citra Setelah Image Enhancement akan selalu adanya ketidakpastian nilai saat melakukan pengecekan melalui CNR. Namun bisa juga menggunakan beberapa hal yang bisa dicoba seperti tahapan citra *python*, walau terkadang adanya gangguan sinyal yang bisa menyebabkan penurunan resolusi.

KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis perbandingan nilai Signal-to-Noise Ratio (SNR) dan Contrast-to- Noise Ratio (CNR) pada citra radiografi kepala non-kontras, baik sebelum maupun sesudah proses *image enhancement* menggunakan pemrograman Python.

1. Perubahan SNR
 - Pada citra asli, SNR tertinggi terdapat pada 80 kV 15 mAs (5,27) dan terendah pada 75 kV 12 mAs (2,82).
 - Setelah *enhancement*, SNR meningkat signifikan pada dua seting (70 kV 10 mAs → 3,55 dan 80 kV 15 mAs → 6,75), namun menurun pada 75 kV 12 mAs (2,80).
 - Peningkatan SNR menandakan keberhasilan algoritma dalam memperkuat sinyal relatif terhadap noise, sedangkan penurunan mengindikasikan potensi kegagalan atau *over-enhancement*.
2. Perubahan CNR
 - Nilai CNR pada citra asli berkisar 1,43– 1,48.
 - Setelah *enhancement*, seluruh CNR menurun (tertinggi 1,43, terendah 1,15), yang berarti kemampuan membedakan kontras antar struktur anatomi melemah.
 - Penurunan CNR disebabkan oleh peningkatan sinyal global tanpa menjaga perbedaan intensitas lokal, sehingga kontras diagnostik berkurang meskipun ketajaman visual meningkat.
3. Interpretasi Hasil
 - Secara visual, *image enhancement* mampu meningkatkan detail dan ketajaman, namun dari sisi kuantitatif tidak selalu meningkatkan kualitas diagnostik.
 - SNR yang tinggi belum tentu berarti kualitas diagnostik baik jika CNR menurun, karena kontras antar struktur sangat penting dalam interpretasi medis.
 - Teknik *enhancement* seperti *histogram equalization* atau *unsharp masking* dapat memperkuat tepi dan detail, tetapi berisiko menaikkan noise atau menurunkan kontras lokal.

Pengolahan citra dengan Python dapat meningkatkan SNR pada sebagian besar kasus, namun sering menurunkan CNR. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan ketajaman visual tidak selalu diikuti oleh peningkatan nilai diagnostik. Oleh karena itu, penerapan *image*

enhancement harus mempertimbangkan keseimbangan antara kejernihan gambar dan kemampuan membedakan struktur anatomi agar kualitas diagnostik tetap optimal.

Pengakuan/Acknowledgements

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan artikel ilmiah ini terutama kepada pembimbing, institusi terkait, dan seluruh informan yang telah berkontribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifah, A. N., Kartikasari, Y., & Murniati, E. (N.D.-B). Comparative Analysis Of The Value Of Signal To Noise Ratio (Snr) At Mri Ankle Joint Examination Using Quad Knee Coil And Flex/Multipurpose Coil. In *Jimed* (Vol. 3, Issue 1).
- [2] Astria, R., Lasiyah, N., & Mulyadi, R. (2024). Analisis Kualitas Citra Radiografi Cr Dengan Signal To Noise Ratio (Snr) Dan Contrasts To Noise Ratio (Cnr) Menggunakan Microdicom. In *Interdisciplinary Journal Of Medtech And Ecoengineering (Ijme) Doi* (Vol. 1, Issue 1).
- [3] Endang Purnama Giri, S. H. W. & T. H. (2023). *Pengantar Pemrograman Dengan Python Untuk Penelitian Menggunakan Anaconda Dan Jupyter Notebook*.
- [4] Gede Puja Satwika, L., Nyoman Ratini, N., Iffah, M., Teknik Radiodiagnostik Dan Radioterapi Bali, A., & Tukad Batanghari
- [5] VII No, J. (N.D.). *Pengaruh Variasi Tegangan Tabung Sinar-X Terhadap Signal To Noise Ratio (SNR) Dengan Penerapan Anode Heel Effect Menggunakan Stepwedge Effect Of X-Ray Tube Voltage Variation On Signal To Noise Ratio (SNR) By Application Of Anode Heel Effect Using Stepwedge*.
- [6] Huda, A., & Ardi, N. (N.D.). *DASAR-DASAR PEMROGRAMAN BERBASIS PYTHON*.
- [7] Huda, W., & Abrahams, R. B. (2015). X-ray-based medical imaging and resolution. *American Journal of Roentgenology*, 204(4), W393- W397.
- [8] Louk, A. C., & Suparta, G. B. (2014). *Pengukuran Kualitas Sistem Pencitraan Radiografi Digital Sinar-X Quality Measurement Of Imaging System Of X-Ray Digital Radiography* (Vol. 24, Issue 2).
- [9] Muh Rifki Mustafa, I. A. N. L. D. W. (2025). Analisis Perbandingan Kualitas Citra Radiografi Abdomen Dengan Menggunakan Teknologi Virtual Grid Dan Physical Grid. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 6(1).
- [10] Ningtias, D. R., Wahyudi, B., & Harsoyo, I. T. (2022). Comparative Test Of The Effect Of X-Ray Tube Current Analysis And Exposure Time On Cr (Computed Radiography) Image Quality. *Journal Of Informatics And Telecommunication Engineering*, 6(1), 267–275. <https://doi.org/10.31289/jite.V6i1.7334>.
- [11] Nugraheni, F., Anisah, F., & Susetyo, G. A. (N.D.). *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya) 2022 Analisis Efek Radiasi Sinar-X Pada Tubuh Manusia*.
- [12] Nugroho Ec, S. A. I. (2012). *Pengembangan Program Pengolahan Citra Untuk Radiografi Digital*.
- [13] <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/Upej>.

- [18] Nurvan, H., Kesuma Wardani, A., Palupi, N. E., Sakit, R., & Bekasi, A. B. (2023). ARTIKEL
- [19] *PENELITIAN Karakteristik Pemeriksaan Pasien Di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Ananda Babelan Bekasi Periode Agustus 2021-Juli 2022 :StudiRetrospektif.* <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/JPH>.
- [20] Priyono, S., Anam, C., & Wahyu Setia Budi, Dan. (2020). *Pengaruh Rasio Grid Terhadap Kualitas Radiograf Fantom Kepala* (Vol. 23, Issue 1).
- [21] Rani Rahmawati Wagola Ike Ade Nur Liscyaningsih, S. N. D. (2025). Analisis Perbandingan Kualitas Citra Radiografi Cranium Dengan Menggunakan Teknologi Virtual Grid Dan Physical Grid. *Jurnal Kesehatan Tambusai*.
- [22] Yosainto Bequet, A., Nurcahyo, P. W., Sulistiyadi,
- [23] A. H., & Bequet, A. Y. (2022). Jurnal Imejing Diagnostik Efektifitas Penambahan Source To Image Distance (SID) Terhadap Penurunan Dosis Radiasi Pada Pemeriksaan Radiografi Cranium. *Jurnal Imejing Diagnostik*, 8, 11-14. <http://ejournal.poltekkes-smg.ac.id/ojs/index.php/jimed/index>
- [24] Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing* (4th Ed.). Pearson.
- [25] Mustafa, M. R., & Ike, I. (2024). *Analisisperbandingan Kualitas Citra Radiografi Abdomen Menggunakan Physical Grid Dan Virtual Grid.* *Jurnal Kesehatan Terpadu*, 12(1), 45-52.
- [26] Wibowo, N. P. E., Susilo, S., & Sunarno, S. (2016). Uji Profisiensi Citra Hasil Eksposi Sistem Radiografi Digital Di Laboratorium Fisika Medik Unnes. *Unnes Physics Journal*, 5(1), 23-29.
- [27] Badan, K. (2018). *Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Republik Indonesia*.
- [28] Bontranger, K., & Lampignano, J. (2018). *Bontranger's Textbook Of Radiographic Positioning And Related Anatomy* (Vol. 9). Missouri: Elsevier.
- [29] Martinsen, A. C. T., & Saether, H. K. (2017). The Impact Of Image Processing On Radiographic Images: An Overview. *Radiography*, 23(2), E47-E52.
- [30] Ningtias, DR, Wahyudi, B., & Harsoyo, IT (2022). *Uji Perbandingan Pengaruh Analisis Arus Tabung Sinar-X Dan Waktu Paparan Terhadap Kualitas Citra CR (Computed Radiography).* *Jurnal Teknik Informatika Dan Telekomunikasi*, 6 (1), 267-275.
- [31] 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.
- [32] Satwika, L. G. P., Ratini, N. N., & Iffah, M. (2021). *Pengaruh Variasi Tegangan Tabung Sinar-X Terhadap Signal To Noise Ratio (SNR) Dengan Penerapan Anode Heel Effect Menggunakan Stepwedge.* *Buletin Fisika Vol*, 22(1), 20-28.
- [33] Utami, A. P., Saputro, S. D., & Felayani, F. (2018). *Radiologi Dasar I*. Magelang. Penerbit Inti Medika Pustaka.
- [34] Warisan, AY, Nurcahyo, PW, & Sulistiyadi, AH (2022). *Efektifitas Penambahan Source To Image Distance (SID) Terhadap Penurunan Dosis Radiasi Pada Pemeriksaan Radiografi Cranium.* *Jurnal Imejing Diagnostik (Jimed)*, 8 (1), 11-14.
- [35] Ardoni13, F., Choridah, L., Susanto, E., & Irsal,M. (2023). *Radiation Dose And Image Quality With Exposure Factor Variation Using A Virtual Grid In Digital Radiography.* *Digital Radiography.* *International Journal Of Scientific Research In Science And Technology* 323-331.
- [36] Bequet, A. Y., Nurcahyo, P. W., & Sulistiyadi, A.H. (2022). Efektifitas Penambahan Source

- To Image Distance (SID) Terhadap Penurunan Dosis Radiasi Pada Pemeriksaan Radiografi Cranium. *rnal Imejing Diagnostik (Jimed)*, 8(1), 11-14.
- [39] 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.
- [40] Nuridzati, A., 1, Susanto, E., 2, Rasyid, 3, Daryati, S., 4, Kurniawati, A., & 5. (2020). Jurnal Imejing Diagnostik. *Jurnal Imejing Diagnostik (Jimed)*, 6, 103.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN