

ANALISIS KUALITAS CITRA SNR DAN CNR PADA PEMERIKSAAN MANUS DENGAN MENGGUNAKAN PHYTON

Oleh

Rida Amila¹, Amril Mukmin², Anisa Nur Istiqomah³

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

Email: ¹ridaamila03@gmail.com, ²amrilmukminanis@unisayogya.ac.id,

³anisa.nur@unisayogya.ac.id

Article History:

Received: 19-08-2025

Revised: 08-09-2025

Accepted: 22-09-2025

Keywords:

Python, Kualitas Citra, Radiografi, Manus, SNR, CNR, Filter Gaussian, Prosesing Citra, Noise.

Abstract: Latar Belakang: Kualitas citra radiografi memiliki peran penting dalam menunjang ketepatan diagnosis, terutama pada pencitraan bagian tubuh dengan struktur kompleks seperti manus. Penilaian kualitas citra dapat dilakukan secara objektif menggunakan parameter Signal to Noise Ratio (SNR) dan Contrast to Noise Ratio (CNR). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan kualitas citra radiografi manus berdasarkan nilai SNR dan CNR setelah dilakukan pengolahan menggunakan filter Gaussian melalui bahasa pemrograman Python. **Metode:** Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan data berupa 10 citra radiografi manus format DICOM dari Instalasi Radiologi RSUD Panembahan Senopati Bantul. Citra diolah menggunakan Python melalui Google Colab dengan tahapan unggah data, penghubungan ke Google Drive, pemilihan ROI secara manual, penerapan filter Gaussian, dan perhitungan nilai mean, standar deviasi, noise, SNR, serta CNR. Nilai-nilai tersebut dibandingkan sebelum dan sesudah pengolahan untuk menilai peningkatan kualitas citra. **Hasil:** pengolahan citra dengan filter Gaussian secara signifikan meningkatkan kualitas citra radiografi manus. Nilai SNR meningkat sebesar 35,90%, dari 78 menjadi 106, yang mengindikasikan perbandingan sinyal terhadap gangguan noise menjadi lebih baik. CNR juga mengalami peningkatan sebesar 3,30%, dari 6 menjadi 6,198, menunjukkan bahwa objek dan latar belakang citra menjadi lebih mudah dibedakan. Nilai noise menurun sebesar 36,75%, dari 2 menjadi 1,264, yang berarti noise pada citra berhasil ditekan. Terjadi peningkatan pada nilai mean intensity sebesar 0,68%, dari 119 menjadi 119,805, serta penurunan standar deviasi intensitas sebesar 5,23%, dari 14 menjadi 13,267. **Kesimpulan:** Pengolahan citra radiografi manus menggunakan filter Gaussian dalam

program Python terbukti dapat meningkatkan kualitas citra secara kuantitatif, terutama dalam hal kontras dan kejernihan tampilan struktur. Pendekatan ini dapat menjadi alternatif praktis dalam analisis citra radiografi digital tanpa harus mengubah parameter eksposi. Pengembangan kedepan disarankan program dilengkapi tampilan interaktif DICOM viewer agar pemilihan ROI lebih cepat serta otomatis ROI dengan deteksi objek untuk meningkatkan akurasi dan konsisten

PENDAHULUAN

Sinar X yang dimanfaatkan dalam bidang medis semakin berkembang dan meningkat seiring dengan perkembangan teknologi. Dalam dunia radiografi terdapat dua jenis sistem pencitraan yaitu Analog Radiography dan Computed Radiography (Ningtias et al., 2016). Proses pembuatan citra radiografi dalam radiologi mencakupi organ tubuh manusia dengan menggunakan sinar-X sebagai sumber pencitraan (Danilo Gomes de Arruda, 2021).

Tangan manusia (manus) adalah bagian tubuh yang sangat penting untuk melakukan berbagai aktivitas, seperti memegang, menulis, atau mengangkat benda. Tangan tersusun dari 27 tulang, yang terbagi menjadi tiga bagian utama: tulang pergelangan (karpal), tulang telapak tangan (metakarpal), dan tulang jari (falang). Selain tulang, tangan juga memiliki banyak otot. Ada otot yang berasal dari lengan bawah dan menggerakkan jari-jari (disebut otot luar), serta otot kecil yang berada di dalam tangan itu sendiri (disebut otot dalam). Otot-otot ini memungkinkan tangan melakukan gerakan halus seperti mencubit atau menulis (Drake et al., 2019; Standring, 2021). Seperti yang dijelaskan dalam hadits HR.Muslim:

“Apabila seorang hamba sakit atau bepergian, maka dicatat baginya pahala sebagaimana ketika ia sehat dan menetap, yakni amal yang biasa ia kerjakan dengan tangannya.”

Hadits ini mengingatkan bahwa tangan adalah sarana utama manusia dalam beramal, baik bekerja, menolong, maupun beribadah. Menjaga kesehatan tangan sangat penting agar fungsi ini tetap optimal.

Dalam aspek patologis, tangan manusia bisa mengalami berbagai gangguan atau penyakit yang sering terjadi adalah fraktur atau patah tulang, terutama akibat jatuh, kecelakaan, atau benturan langsung. Fraktur bisa terjadi pada tulang pergelangan tangan (seperti tulang scaphoid), tulang telapak tangan (metakarpal), maupun tulang jari (falang), dan biasanya ditandai dengan nyeri hebat, bengkak, serta kesulitan menggerakkan bagian yang patah. Selain fraktur, Carpal Tunnel Syndrome (CTS) juga termasuk gangguan yang umum, di mana saraf medianus di pergelangan tangan terjepit, menyebabkan kesemutan dan nyeri pada ibu jari hingga jari tengah. Trigger Finger juga sering terjadi, yaitu kondisi saat jari terkunci dalam posisi menekuk karena tendon meradang (Chung et al., 2016; Standring, 2021; Drake et al., 2019).

Kualitas citra radiografi memainkan peran penting dalam efektifitas mendiagnosis pasien (Strauss, 2012). Salah satu penilaian kualitas citra adalah ketajaman kontras. Tinggi

rendahnya kontras dapat dipengaruhi oleh tegangan tabung sinar-x (Mark E. Baker et al. 2012). Selain itu, kontras juga dipengaruhi oleh jenis dan ketebalan objek yang diperiksa, penggunaan filter, karakteristik detektor digital, serta teknik eksposi seperti waktu pencahayaan dan arus tabung (mA) (Al-Murshedi et al., 2023); (Bushong, 2021). Penilaian kualitas citra dilakukan dengan cara penilaian objektif menggunakan metode Contrast to Noise Ratio (CNR). Dalam analisis citra digital, setiap gambar terdiri dari jutaan pixel (picture element) yang merupakan bagian terkecil dari citra digital. Piksel-piksel ini tersusun dalam baris dan kolom membentuk matriks dua dimensi, dan masing-masing menyimpan informasi berupa nilai intensitas yang menunjukkan tingkat kecerahan atau kegelapan suatu area dalam gambar. Salah satu parameter penting untuk mengevaluasi kualitas citra digital adalah *Contrast-to-Noise Ratio* (CNR). Menurut Bechara et al. (2012), analisis CNR dianggap lebih unggul dalam menilai kualitas citra karena memberikan penilaian yang objektif terhadap perbedaan kontras di antara area yang berbeda dalam gambar, dibandingkan hanya menilai berdasarkan tingkat noise semata. Karena nilai CNR dihitung berdasarkan variasi intensitas antar piksel dan tingkat kebisingan (noise) di sekitarnya.

Noise adalah gangguan berupa bintik-bintik acak pada citra radiografi yang bisa membuat gambar terlihat buram atau kurang jelas. Gangguan ini biasanya muncul karena jumlah sinar-X yang mengenai detektor terlalu sedikit sehingga informasi yang diterima menjadi tidak merata. Selain itu, noise juga bisa berasal dari alat elektronik di dalam mesin radiografi (*electronic noise*) atau dari proses pengolahan citra digital yang kurang tepat. Adanya noise membuat gambar jadi sulit dibaca dan bisa mengganggu diagnosis. (Cao et al., 2019; McEntee et al., 2021; Solomon & Samei, 2016).

Untuk menilai seberapa dominan *noise* dalam suatu citra, digunakan parameter Signal-to-Noise Ratio (SNR). SNR merupakan rasio antara sinyal, yaitu jumlah paparan radiasi yang berhasil ditangkap oleh *image receptor* (IR) dengan tingkat *noise* dalam citra. Semakin tinggi nilai SNR, maka semakin baik kualitas citra karena sinyal yang terbentuk lebih kuat dibandingkan gangguan *noise*. Meningkatkan SNR akan meningkatkan kualitas citra digital. Meningkatkan SNR berarti kekuatan sinyal lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah noise. Menurunnya SNR berarti ada peningkatan noise dibandingkan dengan kekuatan sinyal. Noise dapat terjadi ketika paparan sinar-X yang ditangkap oleh IR terlalu sedikit. Selain itu, noise pada perangkat elektronik yang menangkap dan memproses sinyal serta menampilkan citra digital juga dapat mempengaruhi hasil citra. SNR dalam citra digital dapat dihubungkan dengan densitas.

Densitas merupakan tingkat kehitaman atau kepadatan dari citra radiografi yang dihasilkan, yang mencerminkan seberapa banyak sinar-X yang berhasil menembus objek dan mencapai detektor. Semakin tinggi densitas suatu citra, maka semakin gelap tampilannya pada monitor. Namun, peningkatan densitas yang tidak terkendali dapat menyebabkan nilai rata-rata sinyal menjadi lebih kecil dibandingkan dengan noise, sehingga berujung pada penurunan Signal-to-Noise Ratio (SNR). Nilai SNR yang rendah akan mempersulit visualisasi struktur anatomi secara jelas, karena informasi sinyal yang berguna menjadi tertutup oleh gangguan acak (noise) pada citra.

Untuk mengatasi hal tersebut, penggunaan filter dalam pengolahan citra digital menjadi salah satu metode penting dalam meningkatkan kualitas visual dari citra radiografi. Filter bekerja dengan memodifikasi nilai-nilai piksel pada citra, baik secara spasial maupun

frekuensi, untuk mencapai tujuan tertentu. Misalnya, filter low-pass digunakan untuk mereduksi noise dengan cara menghaluskan citra, sementara filter high-pass digunakan untuk menajamkan tepi objek, sehingga kontur struktur anatomi seperti tulang atau batas jaringan lunak lebih jelas terlihat.

Dalam konteks medis, penerapan filter ini sangat krusial untuk mendukung akurasi diagnosis. Dengan menonjolkan detail anatomi dan mengurangi gangguan visual, filter membantu meningkatkan nilai diagnostik dari citra—meskipun pada kondisi densitas yang kurang optimal atau SNR yang menurun. Oleh karena itu, pemahaman mengenai hubungan antara densitas, SNR, dan teknik pengolahan citra seperti filtering sangat penting bagi tenaga radiologi dalam menghasilkan citra yang optimal dan informatif.

Ada berbagai jenis filter yang biasa digunakan, di antaranya adalah filter low-pass untuk meredam noise, filter high-pass untuk menajamkan tepi, dan filter median untuk mengurangi noise impulsif. Salah satu filter yang umum digunakan adalah filter Gaussian. Filter ini bekerja dengan cara menghaluskan (smooth) citra, yaitu mengurangi derau (noise) yang muncul akibat proses akuisisi gambar atau gangguan alat. Dalam konteks citra radiografi, seperti gambar tulang atau jaringan lunak, filter Gaussian sangat membantu dalam meningkatkan tampilan struktur utama tanpa menghilangkan informasi penting. Penggunaan filter ini juga berguna dalam tahap pra-pemrosesan citra, misalnya sebelum dilakukan perhitungan SNR (Signal to Noise Ratio) atau CNR (Contrast to Noise Ratio), karena dapat memperbaiki kualitas dasar citra. Namun, penggunaan yang berlebihan juga dapat menyebabkan citra menjadi terlalu halus dan kehilangan ketajaman, sehingga perlu disesuaikan dengan kebutuhan analisis (Gonzalez & Woods, 2018; Mahdavi et al., 2020).

Penelitian oleh González et al. (2016) menunjukkan bahwa Gaussian filter mampu meningkatkan kualitas citra X-ray dada dengan mengurangi noise acak, yang berdampak langsung pada peningkatan akurasi sistem deteksi nodul paru. Selanjutnya, Arif et al. (2019) menerapkan Gaussian smoothing pada citra radiografi gigi dan menemukan peningkatan nilai SNR (Signal to Noise Ratio) setelah filtering, yang memudahkan proses segmentasi akar dan mahkota gigi. Penelitian oleh Mahmood et al. (2021) juga mengintegrasikan Gaussian filter sebagai tahap praproses sebelum ekstraksi fitur pada citra tangan, dan hasilnya menunjukkan peningkatan ketajaman tepi tulang yang signifikan, sekaligus mengurangi artefak digital. Studi-studi tersebut menunjukkan bahwa filter Gaussian tetap menjadi salah satu metode praproses citra yang relevan dan banyak digunakan dalam penelitian pengolahan citra medis terkini karena kemampuannya dalam menjaga detail struktur anatomi sambil mengurangi noise yang mengganggu.

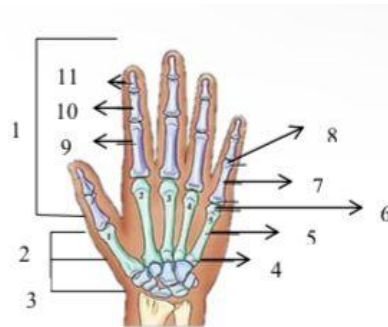
Python merupakan bahasa pemrograman yang kemampuannya multiguna dengan perancangan yang berfokus pada tingkat keterbacaan kode. Python dikenal sebagai bahasa yang menggabungkan kapabilitas, kemampuan, dengan sintaksis kode yang sangat jelas, dan dilengkapi dengan fungsionalitas pustaka standar yang besar serta komprehensif. Pemrograman python dalam konteks radiografi merujuk pada penggunaan Bahasa pemrograman untuk mengembangkan aplikasi yang dapat membantu dalam pengolahan dan analisis citra radiografi. Berikut adalah beberapa aspek penting terkait pemrograman python dalam radiografi yaitu Pengolahan Citra Digital, Analisis Citra, Visualisasi Data, Integrasi dengan Sistem Radiologi, serta Pembelajaran Mesin dan Kecerdasan Buatan (Rusli, 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan filter Gaussian pada citra

radiografi manus guna mengurangi tingkat noise dan meningkatkan kualitas visual citra. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis perubahan nilai parameter kuantitatif seperti Signal to Noise Ratio (SNR), Contrast to Noise Ratio (CNR), mean, dan standard deviation sebelum dan sesudah dilakukan proses filtering, sehingga dapat dievaluasi efektivitas filter Gaussian dalam meningkatkan kualitas diagnostik citra radiografi.

LANDASAN TEORI

1. Anatomi Ossa Manus



Gambar 1. Anatomi Ossa Manus(Bontrager, 2018)

Keterangan:

- | | |
|----------------|-------------|
| 1. Phalanges | 7. Body |
| 2. Metacarpals | 8. Head |
| 3. Carpals | 9. Proximal |
| 4. Base | 10. Middle |
| 5. Body | 11. Distal |
| 6. Head | |

2. Patologi Manus

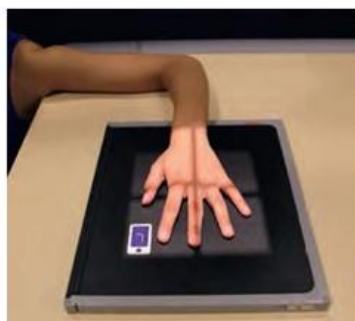
- a. Fraktur (Patah tulang)
- b. Osteoarthritis
- c. Rheumatoid Arthritis
- d. Osteomyelitis
- e. Tumor Tulang atau Massa Jaringan Lunak
- f. Trauma Jaringan Lunak

3. Prosedur Pemeriksaan Manus

(Merril's Atlas of Radiographic, 2016)

- a. Persiapan pasien
melepas benda logam atau benda lain pada tangan yang akan diperiksa, seperti: cincin, jam tangan, pasir maupun kotoran pada tangan pasien harus dibersihkan dahulu.
- b. Persiapan alat dan bahan
 - a) Pesawat sinar X
 - b) Image receptor (IR) / kaset radiografi dan film ukuran 24×30 cm
 - c) Marker, plester, dan gunting
 - d) Plat timbal

- e) Apron
- f) Alat fiksasi (bantalan pasir dan bantal busa)
- c. Posisi pasien dan posisi objek
 - a) Proyeksi Postero Anterior (PA)
 - 1. Posisi Pasien
 - 1) Pasien duduk tegak di samping meja pemeriksaan.
 - 2) Letakkan lengan pada meja pemeriksaan dan letakkan telapak tangan menempel di atas kaset/prone. Posisi tangan dan lengan dalam satu garis lurus.
 - 2. Posisi objek
 - 1) Atur tangan sehingga tepat berada di pertengahan lapangan penyinaran, renggangkan jari-jari tangan agar tidak saling berhimpit.
 - 2) Berilah arahan kepada pasien untuk dalam keadaan rileks untuk menghindari pergerakan.
 - 3) Untuk fiksasi di samping kedua sisi lengan diberi sandbag dan bagian bawah dapat diberi softbag untuk kenyamanan pasien



Gambar 2. Proyeksi Postero Anterior (PA)
(merril's Atlas of Radiographic, 2018)

- b) Proyeksi Oblik
 - 1. Posisi Pasien
 - 1) Pasien duduk tegak di samping meja pemeriksaan.
 - 2) Letakkan lengan pada meja pemeriksaan dan letakkan telapak tangan menempel di atas kaset/prone. Posisi tangan dan lengan dalam satu garis lurus
 - 2. Posisis Objek
 - 1) Fleksikan lengan pada meja pemeriksaan dan atur tangan sehingga tepat berada di pertengahan lapangan penyinaran.
 - 2) Letakkan tangan secara tegak miring di atas kaset dimana sisi jari kelingking menempel pada kaset kemudian rotasikan tangan sehingga membentuk sudut 45 derajat terhadap kaset pada posisi prone. Jari-jari tangan diatur sedemikian rupa sehingga jari-jari tangan membuka dan tidak saling bertumpuk. masing-masing jari.



**Gambar 3. Proyeksi Oblik
(merril's Atlas of Radiographic, 2018)**

4. Computed radiography (CR) dan Digital Radiography (DR)

Computed Radiography (CR) adalah sebuah sistem atau proses yang secara umum mengubah radiografi analog menjadi radiografi digital. CR mirip dengan radiografi konvensional, namun tidak lagi menggunakan kaset layar dan film. Penggunaan CR sebagai teknologi pencitraan radiografi digital di bidang radiologi diharapkan dapat meningkatkan kemudahan dalam memberikan layanan yang lebih berkualitas (Balinger, 2012).

Digital Radiography (DR) adalah teknologi pencitraan medis yang menggunakan detektor digital untuk menangkap dan menghasilkan gambar sinar-X secara langsung dalam format digital, tanpa memerlukan film seperti pada radiografi konvensional. Teknologi ini memungkinkan gambar radiografi ditampilkan dalam waktu singkat di monitor computer. (Papp, 2019).

5. Kualitas Citra

Kualitas citra radiografi merupakan kemampuan radiograf untuk menampilkan ketepatan atau representasi dari bagian anatomi pasien dalam memberikan informasi. Suatu citra radiografi dengan kualitas yang baik yaitu jika mampu dengan jelas menunjukkan struktur dan jaringan lunak, sedangkan disebut citra radiografi dengan kualitas buruk jika mata sulit membedakan obyek atau organ yang dilakukan pemeriksaan.

6. Python

Python merupakan bahasa pemrograman yang kemampuannya multiguna dengan perancangan yang berfokus pada tingkat keterbacaan kode. Python dikenal sebagai bahasa yang menggabungkan kapabilitas, kemampuan, dengan sintaksis kode yang sangat jelas, dan dilengkapi dengan fungsionalitas pustaka standar yang besar serta komprehensif. Pemrograman python dalam konteks radiografi merujuk pada penggunaan Bahasa pemrograman untuk mengembangkan aplikasi yang dapat membantu dalam pengolahan dan analisis citra radiografi. Berikut adalah beberapa aspek penting terkait pemrograman python dalam radiografi yaitu Pengolahan Citra Digital, Analisis Citra, Visualisasi Data, Integrasi dengan Sistem Radiologi, serta Pembelajaran Mesin dan Kecerdasan Buatan (Rusli, 2023).

7. Noise

Noise adalah gangguan atau bintik-bintik acak yang muncul pada citra radiografi dan dapat mengurangi kejernihan gambar. Noise menyebabkan citra tampak buram atau

tidak tajam, sehingga struktur anatomi menjadi sulit dikenali dengan jelas. Gangguan ini bisa berasal dari beberapa sumber, seperti jumlah sinar-X yang terlalu sedikit (disebut quantum mottle), gangguan dari alat elektronik pencitraan (electronic noise), atau proses pengolahan gambar yang kurang tepat.

8. Signal to noise ratio (SNR) dan Contrast to Noise Ratio (CNR)

Signal to noise ratio SNR adalah parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas citra berdasarkan perbandingan antara kekuatan sinyal dan noise. Pada citra medis, noise dapat berasal dari berbagai sumber, seperti gangguan pada alat pencitraan, gerakan pasien, atau sensitivitas sensor. Citra dengan SNR yang lebih tinggi umumnya memiliki ketajaman yang lebih baik, karena noise yang lebih rendah memungkinkan fitur penting pada citra untuk lebih mudah terlihat (Rudin & Oscherwitz, 2003).

Signal to noise ratio (SNR) didefinisikan sebagai rasio daya sinyal terhadap daya noise dari sinyal tersebut. SNR digunakan dalam radiografi digital untuk mengkuantifikasi seberapa besar suatu sinyal terdistorsi oleh noise. Parameter ini menggambarkan tingkat perbedaan antara sinyal yang diukur dengan noise yang juga masuk dalam hasil pengukuran. Semakin besar nilai SNR, maka sinyal dan derau (noise) semakin mudah dibedakan. Pada citra underexposure (paparan sinar-X yang terlalu sedikit), quantum mottle (bintik-bintik acak) akan mengurangi SNR dan contrast resolution. Ketika noise yang ada cukup tinggi, maka pemilihan faktor eksposi yang rendah digunakan agar kualitas citra tetap terjaga. Noise pada radiografi mempunyai empat komponen yaitu grain (butiran kasar yang terlihat pada citra), struktur mottle (perbedaan tampilan terang dan gelap), quantum mottle (noise acak yang muncul karena jumlah foton sinar-X yang terlalu sedikit mencapai detektor), dan radiasi hambur. Perhitungan SNR ditampilkan pada persamaan 1 dan 2:

$$SNR = \frac{I_s}{\sigma} \quad (1)$$

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

Keterangan:

I_s : intensitas rata-rata sinyal

σ : standar deviasi dari sinyal

Contrast to Noise Ratio (CNR) adalah kuantitas noise yang terukur secara objektif. Contrast to Noise Ratio CNR mengukur sejauh mana kontras antara objek yang sedang dianalisis dan latar belakang citra dapat dibedakan dengan adanya noise. CNR yang lebih tinggi memungkinkan perbedaan kontras yang lebih jelas, yang sangat penting dalam pemeriksaan medis, terutama untuk mendeteksi kelainan atau perbedaan anatomi dalam tubuh. Misalnya, dalam CT scan, CNR yang baik sangat penting untuk membedakan jaringan dengan kepadatan berbeda, seperti otot dan tulang, atau untuk mendeteksi adanya tumor (Li et al., 2017). Perhitungan CNR di tampilkan pada persamaan 3 dan 4:

$$CNR = \frac{I_s - I_b}{\sigma} \quad (3)$$

Rumus σ adalah: $\sigma = \sqrt{SD_b^2}$ (4)

Keterangan:

Is: intensitas rata-rata sinyal (misalnya objek)

Ib: intensitas rata-rata background (latar belakang)

σ : standar deviasi intensitas background

9. Filter Gaussian

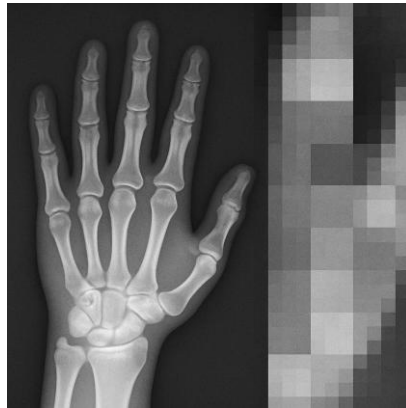
Filter gaussian adalah metode penyaringan (filtering) dalam pengolahan citra digital yang berfungsi untuk mengurangi noise dan menghasilkan citra yang lebih halus (smoothing). Filter ini bekerja berdasarkan prinsip konvolusi antara citra dan kernel (mask) yang mengikuti fungsi distribusi normal (Gaussian). Karakteristik utama dari filter Gaussian adalah memberikan bobot yang lebih besar pada piksel di sekitar pusat dan bobot yang semakin kecil untuk piksel yang lebih jauh dari pusat, sehingga menghasilkan perataan yang efektif tanpa terlalu mengaburkan detail penting dalam citra. Berikut merupakan persamaan matematis dari filter Gaussian, ditampilkan pada persamaan 5:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (5)$$

Keterangan:

- a) $G(x, y)$: Merupakan nilai dari fungsi Gaussian pada titik koordinat (x, y) , yang menjadi elemen dalam kernel filter.
- b) σ (sigma): Simpangan baku (standard deviation) yang menentukan tingkat perataan (smoothing). Nilai σ yang lebih besar menghasilkan efek perataan yang lebih luas pada citra.
- c) x, y : Koordinat piksel relatif terhadap pusat kernel.
- d) e : Bilangan eksponensial alami, dengan nilai mendekati 2,718.

Dalam citra medis radiografi, piksel digunakan untuk merepresentasikan tingkat penyerapan sinar-X oleh jaringan tubuh. Nilai piksel bisa dinyatakan dalam skala abu-abu, contohnya dari 0 (hitam) sampai 255 (putih) pada gambar 8-bit. Semakin tinggi nilainya, semakin terang tampilan piksel tersebut. Ilustrasi struktur piksel dalam citra radiografi digital ditampilkan pada Gambar 2.4 Informasi dalam setiap piksel sangat penting karena dapat digunakan untuk analisis kuantitatif seperti pengukuran densitas jaringan, perhitungan Signal to Noise Ratio (SNR), atau deteksi kelainan (Bankman, 2017; Maier et al., 2018).



Gambar 4. Ilustrasi struktur piksel dalam citra radiografi digital (Seeram, 2019)

Dalam citra radiografi digital, istilah bit atau kedalaman bit (bit depth) digunakan untuk menunjukkan seberapa banyak tingkat warna abu-abu yang bisa ditampilkan dalam gambar tersebut. Semakin besar jumlah bit, semakin banyak detail yang bisa terlihat. Misalnya, gambar dengan 8-bit hanya bisa menampilkan 256 tingkat abu-abu, dari hitam sampai putih. Ini biasa dipakai pada foto digital biasa. Tapi dalam pemeriksaan medis seperti rontgen, biasanya digunakan 12-bit atau 16-bit, yang bisa menampilkan ribuan hingga puluhan ribu tingkat abu-abu. Hal ini penting agar perbedaan halus antara jaringan, seperti tulang dan otot, bisa terlihat jelas dan membantu dokter dalam membaca hasil gambar dengan lebih akurat. Jadi, semakin besar bit-nya, semakin tajam dan jelas gambarnya.

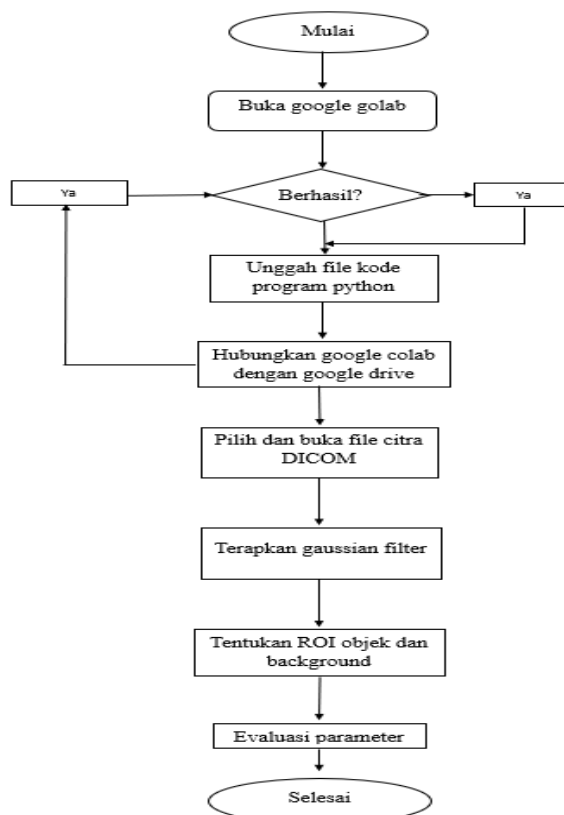
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental yang bertujuan untuk menganalisis kualitas citra radiografi manus menggunakan parameter Signal to Noise Ratio (SNR) dan Contrast to Noise Ratio (CNR). Penelitian dilakukan di Instalasi Radiologi RSUD Panembahan Senopati Bantul pada bulan Juli 2025. Data utama dalam penelitian ini berupa citra radiografi digital pemeriksaan radiografi manus sebanyak 10 citra yang diperoleh secara langsung dari rumah sakit. Pengumpulan data citra radiografi dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: citra digital hasil pemeriksaan disimpan dalam format DICOM, kemudian dibuka dan dianalisis menggunakan perangkat lunak berbasis Python. Dalam setiap citra, peneliti menghitung Region of Interest (ROI) pada area objek (tulang) dan ROI background (jaringan lunak atau disekitar tulang) secara manual ditampilkan pada Gambar 6.

Proses perhitungan parameter kualitas citra radiografi dilakukan dengan bantuan bahasa pemrograman python melalui platform Google Colab. Langkah awal dalam proses pengolahan citra radiografi dimulai dengan membuka Google Colab. Setelah halaman terbuka, pengguna menekan tombol *Upload* lalu memilih *Browse* untuk mengunggah file kode program Python yang telah disiapkan sebelumnya. Setelah file berhasil dimuat, pengguna dapat menekan ikon folder di sisi kiri Colab dan menunggu hingga status koneksi berubah menjadi *Connected*. Selanjutnya, pengguna menyambungkan Google Colab dengan Google Drive untuk mengakses data citra yang disimpan di dalamnya. Setelah berhasil terhubung, pengguna masuk ke *Drive > My Drive*, lalu mencari folder atau data citra radiografi yang akan digunakan. Langkah berikutnya adalah menjalankan bagian awal kode yang berisi library Pastikan setiap cell yang dijalankan menampilkan tanda centang hijau sebagai tanda

bahwa kode berhasil dieksekusi. Setelah itu, pengguna memasukkan salah satu file citra radiografi ke dalam program untuk dianalisis. Citra tersebut kemudian dieksplorasi guna menentukan letak *Region of Interest* (ROI) secara manual. ROI dibagi menjadi dua, yaitu ROI objek (ditandai dengan kotak hijau) dan ROI background (ditandai dengan kotak merah). Penyesuaian ROI dilakukan dengan mengatur nilai koordinat X1, Y1, X2, dan Y2 sesuai dengan posisi objek dan latar belakang pada citra. Setelah posisi ROI ditetapkan, pengguna menjalankan proses *filtering* atau *enhancement* menggunakan metode yang tersedia. Selanjutnya pilih Gaussian filtering Kemudian dilakukan perhitungan parameter kualitas citra, yaitu nilai rata-rata (mean), standar deviasi, signal-to-noise ratio (SNR), dan contrast-to-noise ratio (CNR). Jika proses analisis terhadap satu citra telah selesai, pengguna dapat melanjutkan ke citra berikutnya dengan langkah yang sama. Untuk itu, path file citra perlu diganti, dan ROI harus disesuaikan kembali. Langkah ini dilakukan secara berulang hingga seluruh data citra berhasil diolah dan dianalisis. Alur pengolahan data ditunjukkan pada Gambar 5.

Analisis dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python, yang dimanfaatkan untuk mengolah citra dan menghitung nilai-nilai kuantitatif dari parameter SNR dan CNR. Setelah perhitungan selesai, data dianalisis secara statistik dan disajikan dalam bentuk tabel. Tabel digunakan untuk menggambarkan dan memvisualisasikan hubungan antara parameter citra dengan nilai SNR dan CNR yang dihasilkan. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas citra berdasarkan nilai kuantitatif tanpa membandingkan variabel eksposi seperti kVp atau mAs.

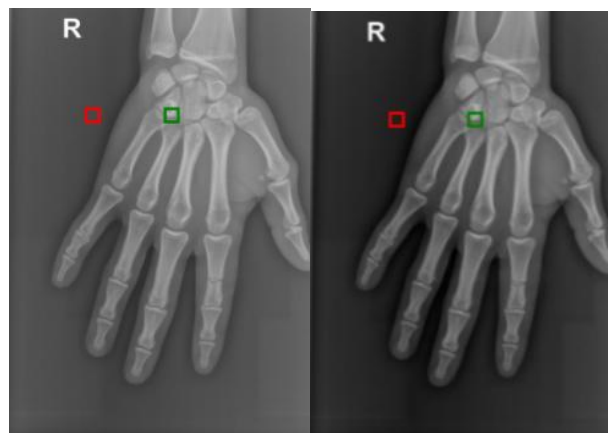


Gambar 5. Alur pengolahan data

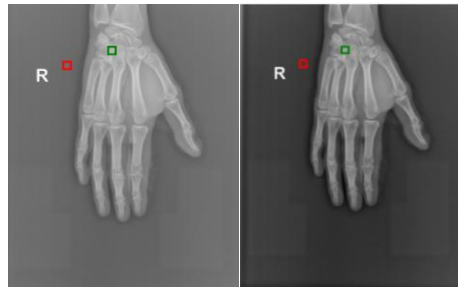
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

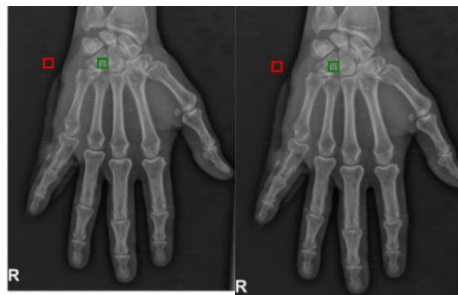
Pengolahan citra dalam penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman Python. Langkah pertama dimulai dengan membaca file citra radiografi berformat DICOM dan mengubahnya menjadi citra grayscale agar bisa dianalisis. Setelah itu, ditentukan area yang akan dianalisis dengan cara memilih dua *Region of Interest* (ROI), yaitu ROI objek (pada tulang) dan ROI background (di sekitar tulang). Pemilihan area ini dilakukan secara manual dengan menetapkan batas-batas lokasi tertentu pada citra yang ingin dianalisis. Dari masing-masing ROI, program akan menghitung nilai rata-rata (mean) dan standar deviasi, yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai *Noise*, SNR, dan CNR. Setelah dilakukan perhitungan awal, citra diproses menggunakan filter Gaussian untuk mengurangi noise. Kemudian perhitungan diulang untuk mendapatkan nilai mean, standar deviasi, noise, SNR, dan CNR setelah filtering. Hasil inilah yang dibandingkan untuk mengetahui apakah kualitas citra mengalami peningkatan setelah dilakukan pengolahan. Adapun nilai rerata hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 1.



(a) original image 1 (b) Enhancement image 1



(a) original image 2 (b) Enhancement image 2

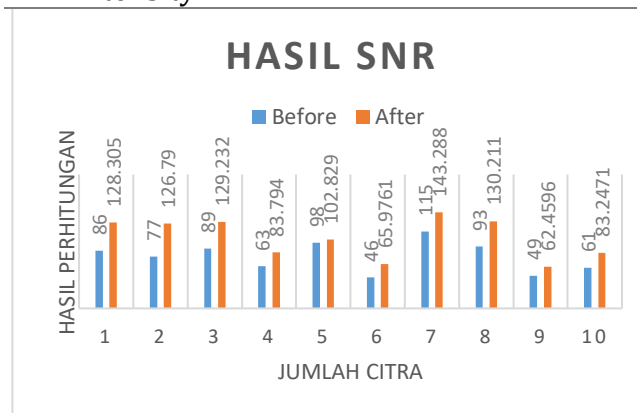


(a) original image 3 (b) Enhancement image 3

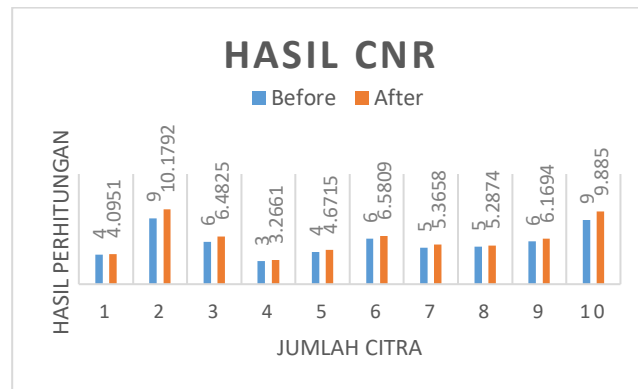
Gambar 6. (a) Citra original sebelum filtering.
(b) Citra setelah dilakukan filtering.

Tabel 1. Rerata Hasil Perhitungan

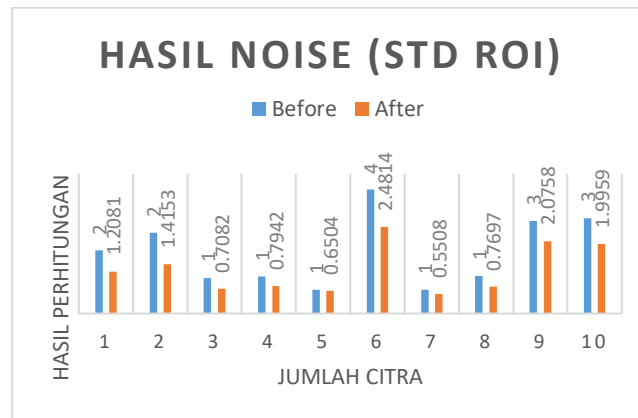
Parameter	Sebelum	Sesudah
SNR	78	106
CNR	6	6,198
Noise (Std ROI)	2	1,264
Mean Intensity	119	119,805
Std Dev Intensity	14	13,267



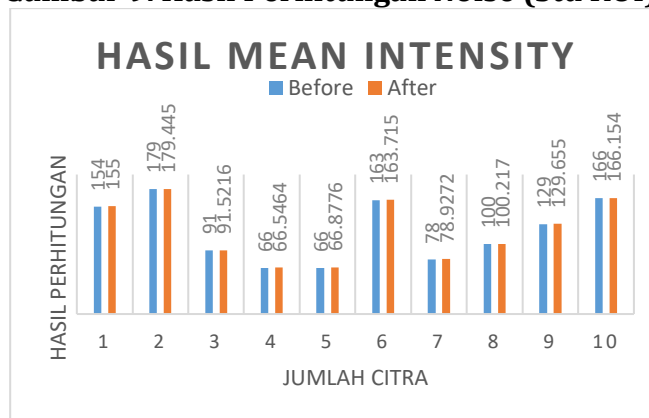
Gambar 7. Hasil Perhitungan SNR



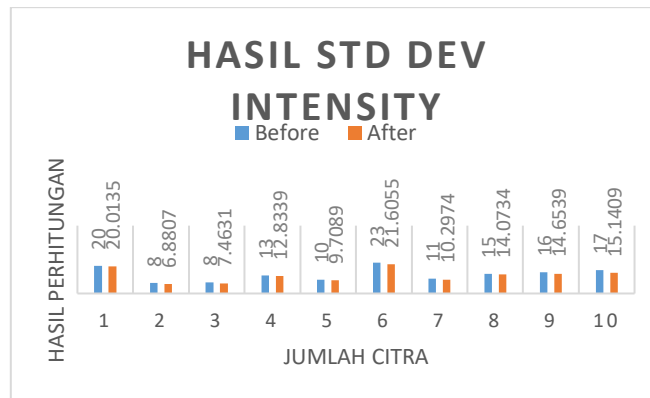
Gambar 8. Hasil Perhitungan CNR



Gambar 9. Hasil Perhitungan Noise (Std ROI)



Gambar 10. Hasil Perhitungan Mean Intensity



Gambar 11. Hasil Perhitungan Std Dev Intensity

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap parameter kualitas citra radiografi menunjukkan hasil perbandingan parameter kualitas citra sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan menggunakan filter Gaussian. Setelah proses filtering, nilai SNR meningkat dari 78 menjadi 106, yang menunjukkan bahwa citra menjadi lebih jelas dan gangguan noise berkurang. CNR juga naik dari 6 menjadi 6,198, artinya objek pada citra lebih mudah dibedakan dari latar belakang. Selain itu, nilai noise menurun dari 2 menjadi 1,264, menandakan bahwa filter Gaussian berhasil mengurangi noise pada citra. Meski demikian, Terdapat sedikit peningkatan pada rata-rata intensitas dari 119 menjadi 119,805, serta penurunan pada standar deviasi intensitas dari 14 menjadi 13,267. Peningkatan mean intensity ini menunjukkan bahwa tingkat kecerahan citra sedikit bertambah, sedangkan penurunan standar deviasi intensitas mengindikasikan bahwa variasi antar piksel menjadi lebih merata dan stabil.

Pembahasan

Pengolahan citra radiografi dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kualitas citra secara kuantitatif dengan menggunakan bahasa pemrograman Python. Proses ini tidak hanya menampilkan citra hasil pengolahan secara visual, tetapi juga menghitung parameter-parameter penting seperti mean intensity, standar deviasi intensitas, noise, SNR, dan CNR. Semua perhitungan dilakukan pada area tertentu yang disebut Region of Interest (ROI), yaitu bagian gambar yang mewakili objek (tulang) dan latar belakang (background). Pemilihan ROI pada tulang carpal didasarkan pada struktur anatomi yang jelas, batas tepi yang tegas, serta densitas tulang yang relatif seragam. Area ini juga sering menjadi fokus radiografi karena terdiri atas tulang-tulang kecil yang tersusun rapat, sehingga cocok untuk menilai kontras, dan noise. Nilai-nilai ini kemudian dibandingkan antara citra sebelum dan sesudah diberikan filter Gaussian untuk melihat perubahan atau peningkatan kualitas citra.

1. Perhitungan kualitas citra pada citra radiografi manus menggunakan python.

Setelah dilakukan pengolahan menggunakan filter Gaussian, nilai SNR dan CNR menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Nilai SNR meningkat sekitar 35,90%, dari nilai awal pada citra original sebesar 78 menjadi lebih tinggi pada citra hasil filtering, yaitu 106. Begitu pula dengan nilai CNR yang mengalami kenaikan sekitar 3,30%, dari 6 menjadi 6,198. Peningkatan ini menunjukkan bahwa citra hasil pengolahan memiliki kualitas kontras yang lebih baik dan sinyal yang lebih dominan dibandingkan noise, sehingga lebih mudah untuk dianalisis secara visual dan

diagnostik. Dalam teori yang dikemukakan oleh Yu (2023), menyatakan bahwa SNR dapat meningkat hingga 80–130% pada citra dengan gangguan Gaussian setelah diterapkan filter Gaussian. Peningkatan CNR juga terjadi karena proses perataan intensitas piksel dapat mengurangi gangguan visual di sekitar objek, sehingga perbedaan kontras menjadi lebih terlihat kualitas citra setelah pengolahan. Berdasarkan penilaian peneliti Kenaikan SNR yang cukup besar menunjukkan bahwa proses filtering sangat efektif dalam mengurangi gangguan pada citra. Sementara itu, peningkatan CNR menunjukkan bahwa perubahan pada kontras objek tidak terlalu besar.

Dari hasil perhitungan nilai noise mengalami penurunan sekitar 36,75%, yaitu dari 2 pada citra sebelum filtering menjadi 1,264 setelah diterapkan filter Gaussian. Penurunan ini menunjukkan bahwa gangguan noise dalam citra berhasil ditekan dengan cukup efektif, sehingga citra menjadi lebih bersih dan halus. Dalam teori yang dikemukakan oleh Sugandi (2023), penggunaan filter Gaussian dapat mengurangi gangguan noise dalam citra hingga sekitar 25% hingga 35%, tergantung pada tingkat keparahan noise dan ukuran kernel yang digunakan. Dengan proses ini noise halus dapat dikurangi secara efektif tanpa menghilangkan bentuk utama atau struktur penting pada citra. Hal ini menjadikan filter Gaussian sangat cocok untuk meningkatkan kualitas gambar digital, terutama yang mengalami gangguan ringan seperti Gaussian noise. Berdasarkan penilaian peneliti bahwa nilai noise mengalami penurunan-setelah diterapkan filter Gaussian. Hal ini menunjukkan bahwa filter Gaussian mampu mengurangi gangguan noise yang muncul pada citra. Citra menjadi lebih bersih dan tidak dipenuhi oleh bintik-bintik yang mengganggu tampilan.

Pada hasil nilai mean intensity dan standar deviasi, mean intensity mengalami sedikit peningkatan setelah proses filtering, yaitu sekitar 0,68% dari 119 menjadi 119,805, sedangkan standar deviasi intensitas menurun sekitar 5,23% yaitu dari 14 menjadi 13,267. Peningkatan mean intensity ini menunjukkan bahwa tingkat kecerahan rata-rata citra sedikit bertambah. Sementara itu, penurunan standar deviasi mengindikasikan bahwa sebaran intensitas piksel menjadi lebih merata. Kondisi ini sejalan dengan sifat kerja filter Gaussian yang melakukan perataan (smoothing) terhadap variasi piksel. Menurut teori yang dikemukakan oleh Gonzalez dan Woods (2018), penerapan Gaussian filter membuat setiap piksel dihitung ulang sebagai rata-rata berbobot dari piksel-piksel di sekitarnya. Proses ini meredam nilai ekstrem (baik sangat terang maupun sangat gelap), sehingga variasi antar piksel berkurang dan standar deviasi menurun. Dalam kasus ini, meskipun variasi piksel berkurang, kecerahan rata-rata justru sedikit meningkat, kemungkinan karena distribusi piksel terang menjadi lebih dominan setelah smoothing. Berdasarkan penilaian peneliti, perubahan ini wajar terjadi, karena tujuan utama dari proses smoothing adalah membuat tampilan citra lebih halus, mengurangi perbedaan ekstrem antar piksel, serta mempertahankan struktur anatomi penting pada citra.

2. Kualitas citra radiografi manus dengan menggunakan python.

Hasil pengolahan citra menunjukkan bahwa nilai SNR mengalami peningkatan lebih dari 35,90%, sedangkan CNR meningkat lebih dari 3,30% setelah diterapkan filter Gaussian. Peningkatan ini menunjukkan adanya perbaikan kualitas citra secara kuantitatif, di mana sinyal menjadi lebih dominan dibanding noise, dan kontras antar objek lebih jelas terlihat. Berdasarkan penelitian yang dikemukakan oleh Gonzalez dan

Woods (2018), filter Gaussian merupakan jenis *low-pass filter* yang berfungsi untuk mengurangi noise berfrekuensi tinggi tanpa menghilangkan informasi penting pada citra. Proses perataan intensitas piksel ini menjadikan intensitas piksel lebih seragam, sehingga noise berkurang sementara sinyal utama tetap terjaga. Penelitian oleh Yu (2023) menyatakan bahwa SNR dapat meningkat hingga 80–130% pada citra dengan gangguan Gaussian setelah diterapkan filter Gaussian. Peningkatan CNR juga terjadi karena proses perataan intensitas piksel dapat mengurangi gangguan visual di sekitar objek, sehingga perbedaan kontras menjadi lebih terlihat kualitas citra setelah pengolahan. Berdasarkan penilaian peneliti Peningkatan nilai SNR dan CNR setelah penerapan filter Gaussian mengindikasikan bahwa proses perataan intensitas piksel berjalan efektif dalam mengurangi gangguan tanpa menghilangkan detail penting pada citra. Nilai SNR yang lebih tinggi mencerminkan bahwa sinyal utama lebih dominan dibanding noise, sedangkan peningkatan CNR menunjukkan bahwa perbedaan antara objek dan latar belakang menjadi lebih tegas.

Setelah diterapkan filter Gaussian, nilai noise pada citra mengalami penurunan sekitar 36,75% dibandingkan sebelum dilakukan filtering. Penurunan ini menunjukkan bahwa gangguan noise dalam citra berhasil ditekan secara signifikan, sehingga citra menjadi lebih bersih dan stabil secara visual. Setelah diterapkan filter Gaussian, nilai noise pada citra mengalami penurunan yang cukup signifikan. Gangguan acak yang sebelumnya menyebar di seluruh area gambar berhasil ditekan, sehingga citra menjadi lebih bersih dan stabil. Penurunan ini menunjukkan bahwa filter bekerja efektif dalam mengurangi komponen gangguan tanpa menghilangkan struktur penting pada citra. Dalam teori yang dikemukakan oleh Sitohang et al. (2020), noise dapat menurunkan kualitas citra karena mengganggu ketajaman detail dan kontras antar objek. Filter Gaussian digunakan untuk mengurangi noise jenis Gaussian dengan cara meratakan intensitas piksel. Dalam teori yang dikemukakan Sugandi (2023), proses ini tidak hanya menekan gangguan visual, tetapi juga meningkatkan kualitas citra dengan menghasilkan tampilan yang lebih bersih dan jelas. Berdasarkan penilaian peneliti Hasil penurunan noise menunjukkan bahwa filter Gaussian mampu mereduksi gangguan secara efektif tanpa menghilangkan informasi penting dalam citra. Dengan berkurangnya gangguan acak, tampilan citra menjadi lebih rapi dan mudah diinterpretasikan. Hal ini memberikan dampak positif terhadap kualitas citra, karena struktur objek dapat terlihat lebih jelas dan konsisten.

Peningkatan pada nilai mean intensity sekitar 0,68% serta penurunan pada standar deviasi intensitas sekitar 5,23% mengindikasikan bahwa tingkat kecerahan rata-rata citra sedikit bertambah dan sebaran nilai piksel menjadi lebih merata setelah dilakukan filtering. Hal ini menunjukkan bahwa filter Gaussian tidak hanya meningkatkan rasio sinyal terhadap noise, tetapi juga memperbaiki keseragaman distribusi intensitas piksel secara keseluruhan. Dalam teori yang dikemukakan Chen et al. (2020), nilai mean intensity menggambarkan rata-rata tingkat kecerahan pada suatu area citra. Semakin tinggi nilai mean, maka area tersebut semakin terang, sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan area lebih gelap. Dalam konteks medis, hal ini berhubungan dengan densitas jaringan yang terdeteksi. Sementara itu, standar deviasi intensitas menunjukkan sebaran atau variasi nilai piksel terhadap nilai rata-ratanya. Standar deviasi yang tinggi mengindikasikan adanya variasi intensitas yang tajam, sedangkan standar deviasi yang rendah menunjukkan bahwa

piksel dalam area tersebut relatif seragam. Berdasarkan penilaian peneliti terjadi peningkatan mean intensity dan penurunan standar deviasi menandakan bahwa citra menjadi sedikit lebih cerah dan lebih stabil. Filter Gaussian bekerja dengan meratakan nilai piksel di sekitarnya, sehingga perbedaan ekstrem antar piksel berkurang. Dengan distribusi piksel yang lebih seragam dan pencahayaan yang lebih konsisten, kualitas citra meningkat dan menjadi lebih mudah dianalisis secara visual.

Salah satu bagian penting dalam penelitian ini adalah pemanfaatan program Python untuk menghitung nilai SNR dan CNR. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasi dari dua area utama pada citra, yaitu area objek (seperti tulang) dan area latar belakang. Dalam hal ini, noise dihitung dari nilai standar deviasi pada area latar belakang, karena bagian ini dianggap tidak mengandung struktur anatomi, sehingga variasi intensitas yang muncul sebagian besar disebabkan oleh gangguan atau noise. Dengan demikian, nilai standar deviasi dari background mewakili besarnya noise yang digunakan dalam rumus SNR dan CNR. Namun, proses pemilihan area ROI dalam program masih dilakukan secara manual, yaitu dengan menetapkan batas-batas lokasi tertentu pada citra yang ingin dianalisis. Dari masing-masing ROI. Cara ini kurang efisien, karena harus dilakukan dengan teliti dan dapat menyebabkan perbedaan hasil jika pemilihan tidak tepat. Hal ini menjadi salah satu kekurangan dari proses yang digunakan. Oleh karena itu, ke depan sangat disarankan agar program dibuat lebih mudah digunakan, misalnya dengan menambahkan fitur tampilan interaktif yang memungkinkan pengguna menggunakan *DICOM viewer* seperti RadiAnt, OsiriX, atau ImageJ, sehingga dapat melihat citra dan memilih area tertentu secara visual, tanpa perlu mengetikkan kode atau angka secara manual. Dengan tampilan seperti ini, pengguna tidak perlu lagi mengisi angka secara manual, cukup menentukan area dengan cara visual seperti menggunakan alat seleksi pada foto. Bahkan lebih ideal lagi jika sistem pemilihan ROI bisa dibuat otomatis menggunakan teknologi pendeteksian objek secara otomatis, agar hasilnya lebih cepat dan konsisten seperti yang dilakukan penelitian oleh Anam et al. (2021) melakukan perhitungan secara otomatis CT Scan abdomen.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap 10 citra radiografi manus, dapat disimpulkan bahwa pengolahan citra menggunakan filter Gaussian berbasis bahasa pemrograman Python terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas citra secara kuantitatif. Peningkatan SNR sebesar 35,90%, dari 78 menjadi 106, menunjukkan bahwa citra hasil pengolahan memiliki tingkat kejernihan yang lebih tinggi, di mana struktur anatomi terlihat lebih jelas dan gangguan visual berhasil ditekan. Selain itu, CNR juga mengalami peningkatan sebesar 3,30%, dari 6 menjadi 6,198, yang menandakan bahwa objek dan latar belakang citra menjadi lebih mudah dibedakan. Nilai noise mengalami penurunan sebesar 36,75%, dari 2 menjadi 1,264, yang menunjukkan bahwa noise dalam citra berhasil ditekan secara signifikan. Terjadi peningkatan pada nilai mean intensity sebesar 0,68%, dari 119 menjadi 119,805, serta penurunan standar deviasi sebesar 5,23%, dari 14 menjadi 13,267, yang mengindikasikan bahwa tingkat kecerahan citra sedikit meningkat dan perbedaan antar piksel menjadi lebih merata dan stabil. Hasil tersebut menunjukkan bahwa citra radiografi yang telah melalui proses filtering menjadi lebih halus, jelas, dan lebih mudah dianalisis secara visual maupun

diagnostik. Secara keseluruhan, metode pengolahan ini mampu meningkatkan kejernihan dan kontras citra tanpa perlu mengubah parameter eksposi pada alat radiografi. Penggunaan Python juga memberikan fleksibilitas dalam analisis dan perhitungan parameter kualitas citra.

SARAN

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar program dikembangkan agar lebih mudah digunakan, misalnya dengan menambahkan tampilan interaktif menggunakan *DICOM viewer* seperti RadiAnt, OsiriX, atau ImageJ. Dengan cara ini, pengguna bisa langsung melihat citra dan memilih area yang diinginkan (ROI) secara visual, tanpa harus mengetikkan angka atau koordinat secara manual. Hal ini dapat mempercepat proses dan mengurangi kesalahan. Akan lebih baik lagi jika pemilihan ROI bisa dilakukan secara otomatis menggunakan teknologi deteksi objek, sehingga hasilnya lebih cepat, akurat, dan konsisten.

Pengakuan/Acknowledgements

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan bimbingan selama proses penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada dosen pembimbing, keluarga, serta rekan-rekan yang telah memberikan semangat dan kontribusi hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian ini sudah mendapatkan surat keterangan etik pada tanggal 02 juni 2025, No.4530/KEP-UNISA/VI/2025 dari komisi etik penelitian Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alzyoud, K., Hogg, P., Snaith, B., Flintham, K., & England, A. (2019). Impact of body part thickness on AP pelvis radiographic image quality and effective dose. *Radiography (London, England : 1995)*, 25(1), e11-e17. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2018.09.001>
- [2] Arifah, A. N., Kartikasari, Y., & Murniati, E. (2021). Comparative Analysis of the Value of Signal To Noise Ratio (Snr) At Mri Ankle Joint Examination Using Quad Knee Coil and Flex/Multipurpose Coil. *JlmeD*, 3(1), 220-224.
- [3] 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) DOI*, 1(1), 1-9.
- [4] Behling, R. (2015). Modern Diagnostic X-Ray Sources. In *Modern Diagnostic X-Ray Sources*. <https://doi.org/10.1201/b18655>
- [5] Chen, X., Tsai, M. Y., Wolynes, P. G., da Rosa, G., Grille, L., Calzada, V., Ahmad, K., Arcon, J. P., Battistini, F., Bayarri, G., Bishop, T., Carloni, P., Cheatham, T. E., Collepardo-Guevara, R., Czub, J., Espinosa, J. R., Galindo-Murillo, R., Harris, S. A., Hospital, A., ... Crothers, D. M. (2018). No perancangan program pyton untuk pengurangan noise pada pengolahan data geomagnetik menggunakan metode moving average dan FFT (fast fourier transform). *Nucleic Acids Research*, 6(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gde.2016.09.008%0Ahttp://dx.doi.org/10.1007/s0041>

- 2-015-05438%0.
- [6] Hidayah, S., Sutanto, H., Rudi, D., & Thohir, S. (2015). Pengaruh Perubahan Tr Terhadap Nilai Cnr Dan Efisiensi Kontras Pada Citra Mri Head Sequence T1 Weighted Image. *Youngster Physics Journal*, 4(1), 93–98.
 - [7] Irsal, M., Alfajri, M. R., Ananta, V. D., Anwar, K., & Sriyatun, S. (2021). Optimasi Penggunaan Faktor Eksposi Pemeriksaan Ossa Manus dengan Kualitas Citra Objektif dan Subjektif. *Jurnal Kesehatan*, 12(3), 359–365. <https://doi.org/10.26630/jk.v12i3.2653>
 - [8] K Alzyoud 1, P Hogg 2, B Snaith 3, K Flintham 4, A. E. (n.d.). *Radiography_20250505 (1)*.
 - [9] Luh Gede, P. S., Ratini, N. N., & Iffah, M. (2020). Pengaruh Variasi Tegangan Tabung Sinar-X terhadap Signal to Noise Ratio (SNR) dengan Penerapan Anode Heel Effect menggunakan Stepwedge. *Buletin Fisika*, 22(1), 20. <https://doi.org/10.24843/bf.2021.v22.i01.p04>
 - [10] Nirmala, F. U. (2019). The Effect Of Number Of Excitation (Nex) Variation And Blade Technique On T2 Image Quality TSE Sagital Knee MRI. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 21(1), 32. <https://doi.org/10.20473/jbp.v21i1.2019.32-47>
 - [11] Rais, M. R., & Darmini, D. (2018). Effect of Receive Bandwidth'S Variation To Signal To Noise Ratio (Snr) and Contrast To Noise Ratio (Cnr) on Mri Examination of Cervical With T2 Weighted Fast Spin Echo Sequenc Hernia Nucleus Pulposus (Hnp) Case. *Jurnal Imejing Diagnostik (JImeD)*, 4(2), 98. <https://doi.org/10.31983/jimed.v4i2.4009>
 - [12] Saefulloh Henky. Masrochah Siti. Fatimah. (2018). Perbedaan Kualitas Citra SNR Pada Penggunaan SENSE Pada Pemeriksaan MRCP Pada Sekuns TSE Potongan T2 Coronal. *JImeD*, Vol. 4(No. 2), 85–89.
 - [13] Sugeng, D. dkk. (n.d.). *Optimasi Pencitraan Verifikasi Geometri Radioterapi Dengan Computed Radiography (CR) Penyusun :*
 - [14] Wagola, R., Ade, I., Liscyaningsih, N., Dewi, S. N., Radioligi, P. D., Yogyakarta, U., Kesehatan, F. I., & Aisyiyah, U. (2025). *Cranium Dengan Menggunakan Teknologi Virtual Grid Dan Physical Grid*. 6, 3860–3866.
 - [15] Wibowo, N. P. E., Susilo, & Sunarno. (2016). Uji Citra Hasil Eksposi Radiografi Digital. *Uji Profisiensi Citra Hasil Eksposi Sistem Radiografi Digital Di Alboratorium Fisika Medik UNNEs*, 5(2), 27–31. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj/article/view/18537>