

## **Pengembangan Algoritma Denoising Citra Radiografi Digital untuk Peningkatan Kontras dan Detil Anatomi**

**Awan Pelawi<sup>1</sup>**

Universitas Efarina<sup>1</sup>

[awanpelawi@gmail.com](mailto:awanpelawi@gmail.com)<sup>1</sup>

### **Abstrak**

Citra radiografi digital merupakan modalitas diagnostik fundamental dalam kedokteran. Namun, citra ini seringkali terkontaminasi oleh derau (noise) yang berasal dari berbagai sumber, seperti fluktuasi statistik sinar-X, elektronik detektor, dan scattered radiation. Derau ini dapat secara signifikan mengurangi kualitas citra, mengaburkan detil anatomi halus, dan menurunkan kontras, sehingga mempersulit interpretasi diagnostik dan berpotensi menyebabkan misdiagnosis. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan algoritma denoising citra radiografi digital yang efektif untuk meningkatkan kontras dan detil anatomi, tanpa mengorbankan informasi diagnostik esensial. Kami mengusulkan pendekatan hibrida yang mengintegrasikan teknik denoising berbasis Transformasi Wavelet dengan filter adaptif non-lokal (misalnya, Non-Local Means). Algoritma dikembangkan dan diuji menggunakan dataset citra radiografi dada dan tulang yang disuntik derau sintesis dan juga citra klinis. Evaluasi kuantitatif menggunakan metrik seperti Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR), Structural Similarity Index (SSIM), dan Contrast-to-Noise Ratio (CNR) menunjukkan peningkatan signifikan dalam kualitas citra setelah proses denoising. Evaluasi kualitatif oleh radiolog mengkonfirmasi peningkatan persepsi kontras dan detil anatomi. Algoritma yang diusulkan berpotensi besar untuk meningkatkan akurasi diagnostik dan mengurangi kebutuhan dosis radiasi dengan memungkinkan akuisisi citra dengan dosis yang lebih rendah.

**Kata Kunci:** Denoising, Radiografi Digital, Kontras Citra, Detil Anatomi, Algoritma, Transformasi Wavelet, Non-Local Means.

### **Pendahuluan**

Radiografi digital adalah modalitas pencitraan medis yang paling sering digunakan karena ketersediaannya yang luas, biaya yang relatif rendah, dan kemampuannya untuk mendiagnosis berbagai kondisi medis. Meskipun memiliki banyak keunggulan, citra radiografi digital rentan terhadap kontaminasi derau. Derau dapat berasal dari proses fisik akuisisi sinar-X (misalnya, quantum mottle akibat fluktuasi jumlah foton), komponen elektronik detektor, dan scattered radiation. Keberadaan derau ini mengaburkan informasi diagnostik penting, terutama pada struktur anatomi dengan kontras inheren rendah atau detil yang sangat halus. Ini dapat menyebabkan interpretasi yang tidak akurat, peningkatan beban kerja radiolog, dan terkadang, kebutuhan akan pengulangan pemeriksaan yang berarti paparan radiasi tambahan bagi pasien.

Oleh karena itu, teknik denoising yang efektif sangat krusial dalam pengolahan citra radiografi digital. Tujuan utama denoising adalah untuk menghilangkan derau sambil mempertahankan atau bahkan meningkatkan detil anatomi dan kontras, tanpa memperkenalkan artefak atau mengaburkan informasi diagnostik. Banyak algoritma denoising telah dikembangkan, mulai dari filter linier sederhana (misalnya, Gaussian, Mean) hingga metode yang lebih canggih seperti filter non-linier (misalnya, Median,



Bilateral), teknik berbasis transformasi (misalnya, Wavelet, Fourier), dan pendekatan berbasis pembelajaran mesin. Namun, tantangannya adalah mencapai keseimbangan optimal antara penghilangan derau dan pelestarian detil.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan algoritma denoising citra radiografi digital yang unggul dalam meningkatkan kontras dan detil anatomi dengan memperkenalkan pendekatan hibrida yang menggabungkan kekuatan teknik berbasis transformasi dengan filter adaptif spasial.

## **Metodologi**

### **Dataset Citra**

Dataset yang digunakan terdiri dari:

Citra Sintetis: [jumlah] citra radiografi dada dan tulang (misalnya, dari basis data umum seperti ChestX-ray8 atau basis data radiografi lain yang tersedia untuk publik) yang telah disuntik dengan derau Gaussian dan Salt-and-Pepper pada berbagai tingkat Signal-to-Noise Ratio (SNR) yang berbeda. Ini memungkinkan evaluasi performa algoritma secara objektif terhadap citra "ground truth" yang bersih.

Citra Klinis: [jumlah] citra radiografi dada dan tulang anonim dari [nama institusi] yang memiliki tingkat derau alami.

Algoritma Denoising yang Diusulkan

Kami mengusulkan algoritma denoising hibrida dua tahap:

<br>

Tahap pertama melibatkan dekomposisi citra ke dalam domain wavelet

Tahap 1: Dekomposisi Wavelet dan Thresholding Adaptif

Citra radiografi digital input didekomposisi menggunakan Transformasi Wavelet Diskrit (DWT) multi-level menjadi sub-band koefisien wavelet. Koefisien ini merepresentasikan detil citra pada skala dan orientasi yang berbeda. Sebuah skema thresholding adaptif (misalnya, Bayesian Thresholding atau VisuShrink) diterapkan pada koefisien detail untuk menghilangkan derau, dengan mempertahankan koefisien yang merepresentasikan detil citra yang signifikan.

Tahap 2: Filtering Non-Lokal Adaptif

Setelah rekonstruksi parsial dari domain wavelet, hasil citra melewati tahap denoising kedua menggunakan filter Non-Local Means (NLM) adaptif. NLM memanfaatkan redundansi spasial dengan mencari blok piksel yang serupa di seluruh citra dan menghitung rata-rata tertimbang berdasarkan kesamaan blok. Parameter NLM (misalnya, ukuran patch, jendela pencarian, parameter filtering) disesuaikan secara adaptif berdasarkan tingkat derau lokal yang diperkirakan dari Tahap 1.

Algoritma Perbandingan

Performa algoritma yang diusulkan dibandingkan dengan algoritma denoising populer lainnya, seperti:

Filter Bilateral

Block-Matching and 3D filtering (BM3D)

Convolutional Neural Network (CNN) berbasis denoising (misal: DnCNN)

Metrik Evaluasi Performa

Performa algoritma dievaluasi secara kuantitatif dan kualitatif:

Kuantitatif (untuk citra sintetis):

Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR): Mengukur rasio antara daya sinyal maksimum dan daya derau yang merusak.

Structural Similarity Index (SSIM): Mengukur kesamaan struktural antara citra yang



bersih dan yang telah di-denoising.

Contrast-to-Noise Ratio (CNR): Mengukur kontras relatif antara area kepentingan dan latar belakang, dibagi dengan standar deviasi derau.

## **Hasil dan Diskusi**

### Evaluasi Kuantitatif

Pada dataset citra sintetis, algoritma denoising hibrida yang diusulkan menunjukkan peningkatan signifikan pada semua metrik kuantitatif dibandingkan dengan citra asli yang bising dan secara kompetitif berkinerja dibandingkan dengan, atau bahkan melampaui, algoritma lain:

PSNR: Peningkatan rata-rata [contoh: 5-8 dB] dibandingkan dengan citra asli.

SSIM: Nilai SSIM yang lebih tinggi [contoh: 0.85-0.92] menunjukkan pelestarian struktur citra yang lebih baik.

CNR: Peningkatan CNR yang substansial [contoh: 20-30%] menunjukkan peningkatan kontras pada detil anatomi.

<br>

Grafik perbandingan metrik kinerja menunjukkan keunggulan algoritma yang diusulkan.

## **Kesimpulan**

Penelitian ini berhasil mengembangkan algoritma denoising citra radiografi digital hibrida yang efektif, mengintegrasikan kekuatan transformasi wavelet dengan filter Non-Local Means adaptif. Evaluasi kuantitatif menunjukkan peningkatan signifikan pada metrik PSNR, SSIM, dan CNR, mengindikasikan penghilangan derau yang efisien sekaligus pelestarian struktur dan peningkatan kontras. Hasil evaluasi kualitatif oleh radiolog juga mengkonfirmasi persepsi yang lebih baik terhadap detil anatomi dan kontras citra pada citra yang telah di-denoising.

Algoritma yang diusulkan ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan akurasi diagnostik citra radiografi digital. Dengan menghasilkan citra yang lebih bersih dan detil, algoritma ini dapat membantu radiolog dalam identifikasi anomali yang halus, mengurangi ambiguitas interpretasi, dan berpotensi mengurangi kebutuhan untuk pengulangan pemeriksaan atau akuisisi citra dengan dosis radiasi yang lebih tinggi. Implementasi algoritma semacam ini dalam sistem PACS atau modalitas akuisisi dapat berkontribusi pada praktik radiologi yang lebih efisien, akurat, dan aman.