

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Computed Tomography (CT Scan) merupakan salah satu modalitas pencitraan medis yang paling penting dalam dunia kedokteran modern. Kemampuannya untuk menghasilkan citra penampang tubuh secara detail dengan resolusi spasial yang tinggi menjadikannya alat utama dalam mendeteksi berbagai kelainan anatomi maupun patologis, mulai dari tumor, perdarahan, hingga kelainan vaskular. Seiring dengan perkembangan teknologi, *CT Scan* modern seperti *CT Scan 128 slice* mampu menghasilkan citra dengan kecepatan akuisisi yang tinggi, cakupan anatomis yang luas, dan kualitas gambar yang semakin baik.

Namun demikian, penggunaan *CT Scan* memiliki konsekuensi berupa paparan radiasi ionisasi yang relatif tinggi dibandingkan dengan modalitas pencitraan lainnya. Paparan radiasi ini berpotensi menimbulkan efek biologis, baik efek stokastik (peningkatan risiko kanker) maupun efek deterministik, terutama jika pemeriksaan dilakukan secara berulang atau pada populasi yang sensitif seperti anak-anak. Oleh karena itu, prinsip proteksi radiasi *As Low As Reasonably Achievable (ALARA)* menjadi dasar dalam penggunaan *CT Scan*, yaitu meminimalkan dosis radiasi tanpa mengorbankan kualitas citra yang dibutuhkan untuk diagnosis yang akurat.

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menurunkan dosis radiasi adalah dengan menerapkan protokol *Low-Dose CT (LDCT)*. Teknik ini terbukti efektif dalam mengurangi paparan radiasi pasien hingga 50% atau lebih dibandingkan protokol dosis standar, sehingga lebih sesuai dengan prinsip *ALARA*. Namun, penurunan dosis radiasi memiliki kelemahan utama berupa peningkatan *noise*

kuantum (*quantum noise*) dan penurunan rasio kontras terhadap *noise* (*Contrast-to-Noise Ratio*, CNR). *Noise* yang tinggi dapat mengaburkan detail anatomi penting, menurunkan ketajaman tepi organ, dan pada akhirnya mengganggu interpretasi klinis serta berpotensi menurunkan akurasi diagnosis. Kondisi ini menjadi tantangan besar dalam implementasi LDCT, terutama untuk pemeriksaan abdomen yang memiliki variasi jaringan lunak dengan kontras yang rendah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu metode pengolahan citra digital yang mampu meningkatkan kualitas citra LDCT secara efektif. Metode yang ideal harus mampu mereduksi *noise* secara signifikan tanpa menghilangkan atau mengaburkan struktur anatomi yang bernilai diagnostik. Di antara berbagai metode reduksi *noise* yang telah dikembangkan, Wavelet Denoising dengan pendekatan thresholding adaptif menunjukkan potensi yang besar. Metode ini bekerja dengan mentransformasikan citra ke domain wavelet, di mana *noise* yang dominan pada LDCT cenderung direpresentasikan sebagai koefisien bernilai kecil, sedangkan informasi penting citra berada pada koefisien yang lebih besar. Dengan menerapkan ambang batas (threshold) yang tepat, koefisien *noise* dapat ditekan sementara koefisien struktur penting dipertahankan. Keunggulan Wavelet Denoising terletak pada kemampuannya untuk mereduksi *noise* secara adaptif melalui berbagai metode estimasi ambang batas, salah satunya adalah *BayesShrink* yang menentukan nilai ambang batas secara adaptif untuk setiap sub-band wavelet berdasarkan karakteristik statistik data.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, sebagian besar penelitian di bidang ini hanya berfokus pada satu metode reduksi *noise* atau satu metode peningkatan kontras tertentu. Selain itu, beberapa penelitian hanya menggunakan parameter evaluasi yang terbatas, seperti PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*) dan SSIM (*Structural Similarity Index Measure*), dalam menilai kualitas citra hasil pengolahan. Padahal, untuk memperoleh penilaian yang komprehensif terhadap kualitas citra medis, diperlukan evaluasi yang mencakup berbagai aspek, mulai dari kesalahan intensitas, kemiripan struktur, kontras, homogenitas, hingga kualitas

visual alami. Keterbatasan ini menimbulkan celah penelitian (research gap) yang perlu diisi, karena metode yang dianggap baik secara matematis belum tentu menghasilkan visual yang optimal untuk diagnosis klinis, demikian pula sebaliknya.

Penelitian ini menawarkan pendekatan yang berbeda dengan menerapkan metode Wavelet Denoising menggunakan thresholding *BayesShrink* yang dikombinasikan dengan evaluasi multi-parameter yang lebih menyeluruh. Metode ini dipilih karena memiliki kemampuan adaptif terhadap tingkat *noise* yang tidak seragam pada berbagai bagian citra abdomen, serta mampu mempertahankan tepi organ dan struktur anatomi penting melalui mekanisme *soft thresholding*. Untuk mengukur efektivitas metode yang diusulkan secara objektif, digunakan tujuh parameter evaluasi kualitas citra, yaitu MSE (*Mean Squared Error*), PSNR, SSIM, CNR, ENL (*Equivalent Number of Looks*), NIQE (*Naturalness Image Quality Evaluator*), dan BRISQUE (*Blind/Referenceless Image Spatial Quality Evaluator*). Kombinasi parameter *full-reference* dan *no-reference* ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih utuh tentang kualitas citra hasil peningkatan, baik dari sisi numerik maupun persepsi visual yang relevan untuk kepentingan diagnostik.

Penelitian ini penting dilakukan karena tingginya angka penggunaan CT Scan di negara berkembang, termasuk Indonesia, di mana protokol LDCT mulai diadopsi secara luas namun belum selalu diimbangi dengan metode peningkatan kualitas citra yang memadai. Keterlambatan diagnosis akibat citra yang buruk dapat berakibat fatal, sementara paparan radiasi berulang meningkatkan risiko kesehatan jangka panjang. Dengan adanya metode peningkatan kualitas yang efektif, diharapkan penggunaan dosis radiasi rendah tetap dapat menghasilkan citra yang informatif dan mendukung diagnosis yang akurat, sehingga keselamatan pasien dapat ditingkatkan tanpa mengorbankan kualitas pelayanan kesehatan.

Secara teoritis, penelitian ini memberikan kontribusi berupa pengembangan dan pengujian metode Wavelet Denoising *BayesShrink* yang adaptif terhadap

karakteristik *noise* LDCT abdomen serta memperkaya kajian pengolahan citra medis di bidang fisika medis melalui pendekatan evaluasi multi-parameter. Secara praktis, hasil penelitian dapat diimplementasikan sebagai post-processing tool pada perangkat CT Scan 128-slice untuk menghasilkan citra diagnostik yang setara dengan dosis standar dari data dosis rendah, sehingga mendukung penerapan prinsip ALARA di fasilitas kesehatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas citra LDCT abdomen 128-*slice* setelah diterapkan metode Wavelet Denoising *BayesShrink*, jika diukur menggunakan 7 parameter evaluasi (MSE, PSNR, SSIM, CNR, ENL, NIQE, dan BRISQUE)?
2. Parameter kualitas apa saja yang berhasil mencapai kategori "Sangat Baik" dan "Baik" pada citra hasil peningkatan, dan parameter apa yang masih menjadi tantangan?
3. Seberapa besar tingkat keberhasilan metode *wavelet denoising* dalam meningkatkan kualitas citra LDCT yang dibuktikan uji coba pada 20 pasien dengan total 2.413 *slice image*?
4. Seberapa besar tingkat keberhasilan metode dalam meningkatkan kualitas citra, berdasarkan persentase parameter yang mencapai kategori "Sangat Baik" dan "Baik" dari total 7 parameter secara statistik deskriptif?
5. Bagaimana hasil penilaian kualitatif dokter spesialis radiologi terhadap kualitas citra LDCT abdomen hasil peningkatan menggunakan metode Wavelet Denoising *BayesShrink*, dan apakah metode ini dinyatakan layak digunakan dari sudut pandang klinis?

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang jauh dari permasalahan, maka penelitian ini mempunyai batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada citra *Low-Dose CT Scan 128 slice* yang merepresentasikan kondisi pemeriksaan dengan dosis radiasi serendah mungkin.
2. Hal utama dalam penelitian adalah menjaga antara penurunan dosis radiasi dan kualitas citra agar hasil citra tetap dapat digunakan untuk diagnosis.
3. Penelitian hanya membahas pengolahan citra untuk peningkatan kualitas, bukan proses diagnosis klinis.
4. Metode yang digunakan terbatas pada teknik peningkatan kualitas citra dan reduksi derau yang tersedia pada kode program penelitian.
5. Penelitian tidak membandingkan hasil dengan modalitas pencitraan lain di luar CT Scan.
6. Penelitian tidak membahas aspek klinis secara mendalam, melainkan difokuskan pada analisis teknis dan fisika medis.
7. Penelitian tidak membahas aspek klinis secara mendalam, melainkan difokuskan pada analisis teknis dan fisika medis, dengan validasi kualitatif dokter spesialis radiologi sebagai data pendukung tambahan untuk memperkuat relevansi klinis dari sisi teknis penelitian.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah meningkatkan kualitas citra *Low-Dose CT Scan 128 slice* agar penggunaan dosis radiasi pada pasien dapat dibuat serendah mungkin tanpa mengurangi kualitas citra yang dibutuhkan untuk keperluan interpretasi diagnostik.

Adapun tujuan khusus penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai rata-rata dari tujuh parameter kualitas citra, yaitu *Mean Squared Error* (MSE), *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR), *Structural Similarity Index Measure* (SSIM), *Contrast-to-Noise Ratio* (CNR), *Equivalent Number of Looks* (ENL), *Naturalness Image Quality Evaluator* (NIQE), dan *Blind/Referenceless Image Spatial Quality Evaluator* (BRISQUE) pada citra LDCT abdomen hasil peningkatan kualitas.
2. Menentukan kategori kualitas dari masing-masing parameter berdasarkan tabel kategori yang telah ditetapkan sehingga dapat mengidentifikasi parameter yang mencapai kategori “Sangat Baik” maupun “Baik”.
3. Mengetahui konsistensi metode *wavelet denoising* dalam meningkatkan kualitas citra LDCT abdomen yang diuji pada 20 pasien dengan variasi karakteristik anatomi.
4. Mengetahui tingkat keberhasilan metode yang diusulkan berdasarkan persentase parameter yang mencapai kategori “Sangat Baik” dan “Baik” dari tujuh parameter evaluasi yang digunakan.
5. Mengetahui hasil validasi kualitatif dokter spesialis radiologi terhadap kualitas citra LDCT abdomen hasil peningkatan, guna menilai kelayakan metode Wavelet Denoising BayesShrink dari sudut pandang klinis.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1.5.1 Manfaat Teoritis

- Memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan ilmu fisika medis, khususnya pada bidang radiologi diagnostik.

- Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang fisika medis, pengolahan citra medis, dan peningkatan kualitas citra.
- Mendukung upaya peningkatan kualitas citra *Low-Dose CT Scan* sebagai pendekatan untuk menekan dosis radiasi tanpa mengurangi kualitas diagnostik.
- Mendukung penerapan prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) dalam pemeriksaan CT Scan.

1.5.2 Manfaat bagi Penelitian Selanjutnya

- Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar dalam pengembangan metode peningkatan kualitas citra medis pada penelitian selanjutnya, khususnya pada citra LDCT dengan pendekatan evaluasi berbasis parameter objektif.
- Menjadi referensi dalam pengembangan algoritma *image enhancement* dan *image denoising* berbasis transformasi wavelet maupun metode lainnya.

1.5.3 Manfaat bagi Rumah Sakit dan Tenaga Kesehatan

- mengutamakan dosis serendah mungkin pada pasien, tetapi tetap menjaga citra agar cukup jelas dan informatif untuk membantu proses diagnosis.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal penelitian tugas akhir ini terdiri atas lima bab yang disusun sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Pada bab ini dijelaskan mengenai pentingnya penggunaan *Low-Dose CT Scan* 128 slice sebagai upaya menekan dosis radiasi yang diterima pasien tanpa mengurangi kualitas citra yang diperlukan untuk keperluan interpretasi diagnostik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori yang mendukung penelitian, meliputi teori radiasi pengion, *Computed Tomography* (CT) Scan, *Low-Dose CT Scan*, pengolahan citra digital, metode peningkatan kualitas citra, reduksi *noise*, peningkatan kontras, serta parameter evaluasi kualitas citra yang digunakan dalam penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan rancangan penelitian, jenis dan sumber data, perangkat penelitian, tahapan pra-pemrosesan (*pre-processing*), metode peningkatan kualitas citra, prosedur evaluasi hasil pengolahan citra, serta metode analisis data yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengolahan citra *Low-Dose CT Scan* 128 slice, hasil evaluasi kualitas citra sebelum dan sesudah proses *image enhancement*, serta analisis terhadap perubahan kualitas citra berdasarkan parameter evaluasi yang digunakan. Selain itu, dilakukan pembahasan mengenai efektivitas metode yang diusulkan berdasarkan hasil evaluasi kuantitatif dan interpretasi terhadap kualitas citra yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian serta saran yang dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

