



Application of Gaussian Filter and Histogram Equalization for Repair x-ray Image

Dandi Mulyana¹, Cucu Suhery², Tedy Rismawan³

^{1,2,3}Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, telp. (0561) 577963

e-mail: ¹dandimulyana@student.untan.ac.id, ²csuhery@siskom.untan.ac.id,

³tedyrismawan@siskom.untan.ac.id

Abstract

The X-ray image is a medical examination procedure that uses electromagnetic wave radiation to get a picture of the inside of the body. However, in the process, there is noise that appears due to the exposure factor. This research builds a system to improve the X-ray image with noise by using Gaussian Filter and Histogram Equalization. In this study, in order to see the optimization of image enhancement, the two methods were combined. The data used are 60 x-ray images that have noise and each has an original image without noise as a comparison image to get system accuracy using PSNR and SSIM. Gaussian Filter method is used to reduce noise by determining the size of the kernel matrix and the standard deviation used. Histogram Equalization method is used to even out the value of the gray level of the image. Based on the test results from the combination of the two methods, the larger the size of the kernel matrix used, the faster the duration of time needed to repair the image. The PSNR value and accuracy obtained in the X-ray image repair are 31 dB and 71% on a 3x3 kernel matrix with an average time duration of 9 seconds, 32 dB and 77% on a 5x5 kernel matrix with an average duration of 9 seconds, 32 dB and 78% on a 7x7 kernel matrix with an average time duration of 8 seconds.

Keywords: X-Ray Image, Noise, Image Repair, Gaussian Filter, Histogram Equalization.

Penerapan Metode Gaussian Filter dan Histogram Equalization untuk Perbaikan Citra Rontgen

Abstrak

Citra rontgen merupakan prosedur pemeriksaan medis yang menggunakan radiasi gelombang elektromagnetik untuk mendapatkan gambaran bagian dalam tubuh. Namun dalam prosesnya, terdapat noise yang muncul dikarenakan faktor eksposi. Penelitian ini membangun sebuah sistem untuk memperbaiki citra rontgen yang mengalami noise dengan menggunakan Gaussian Filter dan Histogram Equalization. Dalam penelitian ini untuk dapat melihat optimalisasi perbaikan citra, kedua metode tersebut digabungkan. Data yang digunakan sebanyak 60 citra rontgen yang mengalami noise dan masing-masing memiliki citra asli tanpa noise sebagai citra pembanding untuk mendapatkan akurasi sistem dengan menggunakan PSNR dan SSIM. Metode Gaussian Filter digunakan untuk mengurangi noise dengan cara menentukan ukuran matriks kernel dan standar deviasi yang digunakan. Metode Histogram

Equalization digunakan untuk meratakan nilai derajat keabuan citra. Berdasarkan hasil pengujian dari gabungan kedua metode tersebut, Jika ukuran matriks kernel yang digunakan semakin besar, maka semakin cepat durasi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan citra. Nilai PSNR dan akurasi yang didapatkan dalam perbaikan citra rontgen adalah sebesar 31 dB dan 71% pada matrik kernel 3x3 dengan rata-rata durasi waktu 9 detik, 32 dB dan 77% pada matriks kernel 5x5 dengan rata-rata durasi waktu 9 detik, 32 dB dan 78% pada matriks kernel 7x7 dengan rata-rata durasi waktu 8 detik.

Kata kunci: Citra Rontgen, Noise, Perbaikan Citra, Gaussian Filter, Histogram Equalization.

1. Pendahuluan

Citra digital merupakan gambar dua dimensi yang ditampilkan pada perangkat digital seperti komputer dan *smartphone* [1]. Pengolahan Citra Digital merupakan proses yang bertujuan untuk memanipulasi dan menganalisis citra dengan bantuan komputer [2]. Salah satu jenis kegiatan pengolahan citra digital adalah meningkatkan kualitas suatu citra [3]. Peningkatan kualitas citra bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra agar citra tersebut dapat diamati dengan jelas tanpa adanya gangguan. Salah satu contoh peningkatan kualitas citra adalah meningkatkan kualitas citra foto rontgen yang mengalami *noise* [4].

Citra foto rontgen merupakan citra yang terbentuk melalui prosedur pemeriksaan medis menggunakan Sinar-X untuk mendapatkan gambaran bagian dalam tubuh dan digunakan dokter untuk mendiagnosis [5]. Namun, seringkali pada citra foto rontgen terdapat *noise* dikarenakan faktor eksposi yang berubah-ubah pada saat melalui proses pencetakan ataupun pengambilan gambar dan membuat informasi yang diterima oleh dokter tidak sesuai dengan hasil sebenarnya. Kesalahan informasi yang diterima oleh dokter dapat mengakibatkan informasi yang diberikan oleh dokter pada pasien pun tidak sesuai dengan fakta yang dialami.

Beberapa penelitian yang terkait dengan penelitian ini pernah dilakukan [5] dengan hanya menggunakan metode *Gaussian Filter*. Proses dilakukan dengan cara melakukan peningkatan kualitas citra foto rontgen dimana proses dilakukan melalui pencarian nilai matriks awal dan penelusuran *noise*. Proses perbaikan akan dilakukan beberapa kali jika masih terdapat *noise* yang cukup padat pada citra. Namun hasil perbaikan citra tidak terlalu optimal dikarenakan metode *Gaussian Filter* menciptakan efek blur sehingga citra yang dihasilkan terlihat tidak cukup jelas. Selanjutnya penelitian yang dilakukan [6] dimana penelitian ini menghasilkan kualitas citra yang memiliki kontras citra yang semakin baik apabila nilai *grayscale* citra semakin tinggi. Penelitian selanjutnya yang dilakukan [7] menghasilkan citra perbaikan yang dapat terlihat lebih jelas dengan meningkatkan kontras dari sebuah citra menggunakan metode *Median Filter* dan *Histogram Equalization*. Metode *Gaussian Filter* digunakan untuk menghilangkan *noise* yang terdapat pada citra [6]. Sedangkan metode *Histogram Equalization* digunakan untuk mendistribusikan nilai keabuan citra secara merata sehingga citra yang dihasilkan menjadi semakin baik [8].

Dari beberapa penelitian diatas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode *Gaussian Filter* dan *Histogram Equalization* cukup baik untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas dari sebuah citra yang memiliki *noise* dan kontras yang rendah. Berdasarkan dari permasalahan yang ada dan penelitian terkait, maka dibuatlah sebuah sistem untuk memperbaiki citra rontgen dengan menggunakan metode *Gaussian Filter* dan *Histogram Equalization*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar akurasi yang didapatkan dengan menggunakan kedua metode ini, besar kecilnya akurasi yang didapatkan digunakan untuk mengetahui apakah metode yang digunakan optimal atau tidak. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui berapa lama durasi waktu yang dibutuhkan metode *Gaussian Filter* dan *Histogram Equalization* untuk memperbaiki citra rontgen sehingga dapat dijadikan sebagai perbandingan durasi waktu dengan metode perbaikan citra yang lain.

2. Metode Penelitian

Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan studi literatur. Tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan informasi berupa teori-teori atau referensi pendukung yang akan diterapkan untuk penelitian ini. Literatur yang digunakan berupa jurnal ilmiah penelitian sebelumnya, buku-buku, maupun artikel mengenai pengolahan citra digital, teknik peningkatan kualitas pada citra, serta data-data yang dapat digunakan untuk mendukung penelitian ini.

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini meliputi data-data yang digunakan untuk menunjang penelitian yang berkaitan dengan informasi data sample citra foto rontgen. Data sampel citra foto rontgen merupakan data primer yang didapatkan dari Mendeley data dan Kaggle. Data sampel citra foto rontgen yang digunakan sebanyak 60 citra. Citra foto rontgen yang didapatkan dari kaggle belum mengalami *noise* sehingga perlu ditambahkan *noise* dengan *Pinetools*. Sedangkan citra rontgen yang didapatkan dari Mendeley data tidak perlu diedit karena sudah mengalami *noise*. Sampel data uji citra yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Uji Citra

No.	Nama Citra <i>Copy-Move</i>	Citra	Dimensi Citra	Ukuran Citra
1.	Citra_1.png		417 x 342 piksel	190 KB
2.	Citra_2.png		512 x 512 piksel	355 KB
3.	Citra_3.png		920 x 624 piksel	610 KB
4.	Citra_4.png		512 x 512 piksel	213 KB

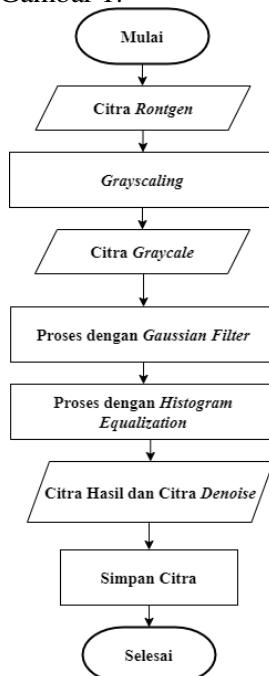
5.	Citra_5.png		224 x 224 piksel	79 KB
6.	Citra_6.png		224 x 224 piksel	66 KB
7.	Citra_7.png		224 x 224 piksel	56 KB
8.	Citra_8.png		300 x 228 piksel	91 KB
9.	Citra_9.png		300 x 270 piksel	95 KB
10.	Citra_10.png		223 x 415 piksel	99 KB

2.2. Analisis Kebutuhan

Dalam proses pembuatan sistem dibutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan sebagai pendukung untuk pembuatan sistem dalam penelitian ini yaitu laptop dengan spesifikasi Processor Intel® Core™ i3-5005U CPU @2.0GHz, Memory 4GB RAM, Hard Disk 500 GB. Perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung pembuatan sistem penelitian ini yaitu Pinetools, Django, Python, Visual Studio Code, Sistem operasi Windows 10 64 bit, SQLite.

2.3. Perancangan Sistem

Setelah melalui proses analisis kebutuhan sistem, tahap selanjutnya adalah proses perancangan sistem. Sistem yang akan dibangun berbasis *website* dengan menggunakan Bahasa pemrograman python dan *framework* Django. Python merupakan salah satu bahas pemrograman yang bersifat interaktif *object oriented, interpreter* dan bisa beroperasi hamper disemua platform [9]. Django merupakan *web framework free* dan bersifat *open source* yang mengikuti pola arsitektur MVT (*Model-View-Template*) [10]. Perancangan sistem yang dilakukan untuk penelitian ini meliputi *Flowchart*, *Data Flow Diagram*, *Entity Relationship Diagram* dan sesain tampilan antarmuka. *Flowchart* digunakan untuk menggambarkan proses penyelesaian suatu program yang akan dibuat [11]. *Data Flow Diagram* digunakan untuk menggambarkan alur data melalui suatu proses yang saling berkaitan [12]. *Entity Relationship Diagram* digunakan untuk melakukan Teknik pemodelan data mendefiniskan proses sebuah sistem dan dapat digunakan sebagai sebuah *relational database* [13]. Proses *Flowchart* perancangan sistem yang dibuat untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perancangan Sistem

Proses awal dimulai dengan memasukkan citra *rontgen* yang mengalami *noise*. Selanjutnya dilanjutkan dengan proses *Grayscale* yaitu mengubah citra RGB menjadi citra *Grayscale*. Citra *Grayscale* merupakan citra yang memiliki nilai intensitas 0-255 dimana nilai 0 menyatakan hitam pekat dan nilai 255 menyatakan paling putih [14]. Setelah melalui proses *Grayscale*, proses dilanjutkan dengan menggunakan metode *Gaussian Filter* untuk menghapus *noise* yang terdapat pada citra. Kemudian proses dilanjutkan dengan menggunakan metode *Histogram Equalization* untuk mendistribusikan nilai keabuan citra secara merata. Setelah itu didapatkanlah citra hasil yang akan dibandingkan dengan citra asli untuk mendapatkan nilai akurasi.

2.4. Implementasi

Pada tahap ini implementasi dilakukan berdasarkan perancangan sistem yang telah dibuat sebelumnya. Proses implementasi dilakukan dengan menggunakan persamaan *Grayscale* untuk mengubah citra RGB menjadi citra *Grayscale* yang persamaannya dapat dilihat pada persamaan 1. Selanjutnya diproses menggunakan persamaan *Gaussian Filter* dan *Histogram Equalization* untuk proses perbaikan citra *rontgen* yang dapat dilihat pada persamaan 2 dan 3. Implementasi kode program dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python dan

Visual Studio Code sebagai IDE. Sistem yang dibuat dengan menggunakan *framework* Django. SQLite digunakan sebagai *database*.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

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

$$K_0 = \text{round}\left(\frac{c_i(2^k-1)}{w.h}\right) \quad (3)$$

2.5. Pengujian

Setelah sistem selesai dibangun, selanjutnya dilakukan uji coba dengan menggunakan data uji yang ada. Uji coba dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem yang sudah dibuat berfungsi dengan baik atau belum. *Black Box* digunakan untuk memeriksa apakah sistem sudah berfungsi dengan baik sesuai yang diharapkan. Pengujian dimulai dari *form login admin*, *form* masukan data *admin* dan *user*, antarmuka setiap sistem, serta fungsi dari tombol-tombol yang ada pada sistem. Pengujian akurasi sistem dilakukan dengan cara membandingkan citra hasil perbaikan dengan citra asli tanpa *noise* atau disebut juga dengan citra *denoise*. Untuk pengujian akurasi dilakukan dengan menggunakan PSNR dan SSIM. PSNR digunakan untuk menentukan nilai kualitas dari sebuah citra [15]. SSIM merupakan sebuah model untuk mengukur kesamaan dari dua buah gambar dan berkorelasi dengan kualitas berdasarkan *Human Visual System* (HVS) [16]. Persamaan PSNR dan SSIM dapat dilihat pada persamaan 5 dan 6. Nilai PSNR dipengaruhi oleh nilai MSE yang persamaannya dapat dilihat pada persamaan 4.

$$MSE = \frac{1}{m.n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [f(i, j) - g(i, j)]^2 \quad (4)$$

$$PSNR = 20 * \text{Log10}\left(\frac{255}{\sqrt{MSE}}\right) \quad (5)$$

$$SSIM(A, B) = \frac{(2 \mu_A \mu_B + C_1)(2 \sigma_{AB} + C_2)}{(\mu_A^2 + \mu_B^2 + C_1)(\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + C_2)} \quad (6)$$

2.6. Analisis

Tahap analisis dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat kegagalan dalam sistem. Jika terdapat kegagalan, maka akan dilakukan evaluasi dan kegagalan tersebut akan diperbaiki sehingga sistem dapat berfungsi dengan lebih baik.

2.7. Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir yang dilakukan selanjutnya adalah menarik sebuah kesimpulan dari hasil uji coba yang sebelumnya telah dilakukan dan memberikan saran kepada peneliti selanjutnya terhadap masalah yang belum terselesaikan untuk dapat diperbaiki dan agar penelitian ini dapat dikembangkan lagi dalam pembuatan sistem.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian dilakukan sebanyak 60 kali dengan menggunakan data berupa citra ronten yang mengalami *noise* menggunakan matriks ukuran 3×3 , 5×5 dan 7×7 . Pengujian yang dihasilkan berupa PSNR, Akurasi SSIM dan Durasi Waktu dari matriks kernel yang digunakan.

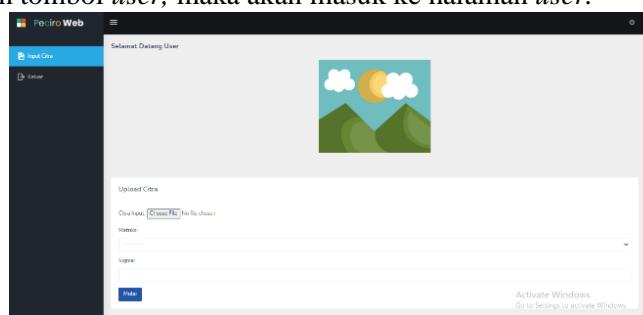
3.1. Implementasi

Implementasi sistem yang dibuat, antara lain antarmuka halaman selamat datang, antarmuka halaman *admin login*, antarmuka halaman *admin dashboard*, antarmuka halaman *admin input* citra, antarmuka halaman tabel citra *admin*, antarmuka halaman tabel citra *user*, antarmuka halaman *admin* proses perbaikan citra, antarmuka halaman *admin* hasil pengujian perbaikan citra, antarmuka halaman *user* dan antarmuka halaman *user* hasil perbaikan citra.



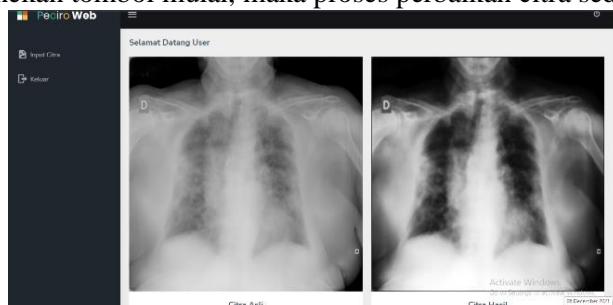
Gambar 1. Halaman Selamat Datang

Halaman Selamat Datang merupakan halaman pertama yang muncul pada sistem sebelum masuk ke halaman *login*. Halaman ini menampilkan tulisan “Selamat Datang”, serta dua tombol pilihan *admin* dan *user*. Ketika menekan tombol *admin*, maka akan masuk ke halaman *login admin*. Jika menekan tombol *user*, maka akan masuk ke halaman *user*.



Gambar 2. Halaman User

Pada halaman *user* tidak memerlukan *login* untuk masuk ke dalam *website*. Halaman *user* merupakan halaman data masukan yang akan dilakukan oleh *user*. *User* menambahkan data citra. Ketika *user* menekan tombol mulai, maka proses perbaikan citra sedang dilakukan.



Gambar 3. Halaman Hasil Deteksi Citra

Setelah *user* menekan tombol mulai, maka akan diarahkan ke halaman hasil perbaikan citra. Halaman ini berisikan informasi hasil keluaran berupa citra yang telah diperbaiki. Terdapat tombol *download* untuk *user* agar dapat mengunduh hasil keluaran citra yang dihasilkan.

3.2. Pengujian

Hasil pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan menggunakan matriks ukuran 3×3 , 5×5 dan 7×7 . Data uji citra yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pengujian yang didapatkan berupa nilai PSNR dan persentase akurasi ketepatan dalam perbaikan citra. Hasil pengujian perbaikan citra dapat dilihat pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 4.

Tabel 2. PSNR, Akurasi dan Durasi Waktu dengan Ukuran Matriks 3×3

No.	Nama Citra	PSNR (dB)	Akurasi (%)	Durasi Waktu
1	Citra_1.png	30 dB	67%	6 Detik
2	Citra_2.png	30 dB	65%	7 Detik

3	Citra_3.png	32 dB	69%	9 Detik
4	Citra_4.png	32 dB	82%	5 Detik
5	Citra_5.png	31 dB	80%	1 Detik
6	Citra_6.png	29 dB	49%	1 Detik
7	Citra_7.png	30 dB	71%	2 Detik
8	Citra_8.png	27 dB	85%	2 Detik
9	Citra_9.png	34 dB	90%	3 Detik
10	Citra_10.png	28 dB	81%	3 Detik
...
60	Noise_10.png	30 dB	62%	2 Detik
Rata-rata		31 dB	71%	9 Detik

Tabel 3. PSNR, Akurasi dan Durasi Waktu dengan Ukuran Matriks 5×5

No.	Nama Citra	PSNR (dB)	Akurasi (%)	Durasi Waktu
1	Citra_1.png	30 dB	72 %	3 Detik
2	Citra_2.png	32 dB	77 %	5 Detik
3	Citra_3.png	33 dB	80 %	10 Detik
4	Citra_4.png	32 dB	86 %	4 Detik
5	Citra_5.png	31 dB	76 %	1 Detik
6	Citra_6.png	29 dB	58 %	1 Detik
7	Citra_7.png	30 dB	70 %	1 Detik
8	Citra_8.png	28 dB	84 %	2 Detik
9	Citra_9.png	33 dB	88 %	2 Detik
10	Citra_10.png	28 dB	82 %	2 Detik
...
60	Noise_10.png	30 dB	68%	1 Detik
Rata-rata		32 dB	77%	9 Detik

Tabel 4. PSNR, Akurasi dan Durasi Waktu dengan Ukuran Matriks 7×7

No.	Nama Citra	PSNR (dB)	Akurasi (%)	Durasi Waktu
1	Citra_1.png	30 dB	71 %	3 Detik
2	Citra_2.png	32 dB	81 %	5 Detik
3	Citra_3.png	34 dB	84 %	10 Detik
4	Citra_4.png	31 dB	84 %	5 Detik
5	Citra_5.png	31 dB	74 %	1 Detik
6	Citra_6.png	29 dB	61 %	1 Detik
7	Citra_7.png	30 dB	68 %	1 Detik
8	Citra_8.png	28 dB	84 %	2 Detik
9	Citra_9.png	33 dB	86 %	1 Detik
10	Citra_10.png	29 dB	82 %	2 Detik
...
60	Noise_10.png	30 dB	68%	1 Detik
Rata-rata		32 dB	78%	8 Detik

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini, ukuran matriks kernel dan citra masukan yang digunakan dapat berpengaruh terhadap nilai PSNR dan akurasi yang didapatkan. Hal ini dikarenakan citra masukan yang digunakan berbeda-beda. Pada citra area rongga dada semakin besar matriks kernel yang digunakan maka semakin tinggi nilai PSNR dan akurasi yang didapatkan. Sebaliknya semakin kecil matriks kernel yang digunakan maka semakin rendah nilai PSNR dan akurasi yang didapatkan. Pada citra lutut dan tangan semakin kecil matriks kernel yang digunakan maka semakin tinggi nilai PSNR dan akurasi yang didapatkan. Sebaliknya semakin besar matriks kernel yang digunakan maka semakin rendah nilai PSNR dan akurasi yang didapatkan. Ukuran matriks kernel yang digunakan juga berpengaruh terhadap durasi waktu dalam memperbaiki citra rontgen yang mengalami *noise*, semakin besar ukuran matriks kernel yang digunakan maka semakin cepat durasi waktu pemrosesan dalam memperbaiki citra rontgen yang mengalami *noise*. Begitu juga sebaliknya,

semakin kecil ukuran matriks kernel yang digunakan maka semakin lama waktu pemrosesan dalam memperbaiki citra rontgen yang mengalami *noise*.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, matriks kernel 7x7 menghasilkan perbaikan citra yang lebih optimal dibandingkan dengan matriks kernel lainnya karena matriks kernel 7x7 memiliki rata-rata nilai akurasi tertinggi dan durasi waktu tercepat dalam memperbaiki citra. Dari 60 data citra yang digunakan, hasil rata-rata nilai PSNR yang didapatkan dalam perbaikan citra rontgen menggunakan matriks kernel 3x3 sebesar 31 dB, dengan rata-rata akurasi sebesar 71% dan rata-rata durasi waktu 9 detik. Pada matriks kernel 5x5 hasil rata-rata nilai PSNR sebesar 32 dB, dengan rata-rata akurasi sebesar 77% dan rata-rata durasi waktu 9 detik. Pada matriks kernel 7x7 hasil rata-rata nilai PSNR sebesar 32 dB, dengan rata-rata akurasi sebesar 78% dan rata-rata durasi waktu 8 detik.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, citra yang diperbaiki menggunakan metode *Gaussian Filter* dan *Histogram Equalization* lebih baik bila dibandingkan dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian [5] hanya menggunakan satu metode yaitu metode *Gaussian Filter* dan berbasis desktop sedangkan pada penelitian ini menggunakan 2 metode yaitu *Gaussian Filter* dan *Histogram Equalization* sehingga keluaran citra perbaikan yang dihasilkan sedikit lebih baik. Pada penelitian [6] menggunakan metode *Arithmetic Mean Filter* dimana metode ini menghitung nilai rata-rata dari intensitas piksel citra yang rusak atau yang terkena noise, kemudian nilai piksel pada citra yang terkena noise digantikan dengan hasil dari nilai rata-rata tersebut. Selain itu, penelitian [6] berbasis desktop dan hanya menampilkan hasil perbaikan citra. Sedangkan pada penelitian ini berbasis *website* dan menggunakan 2 metode yaitu metode *Gaussian Filter* dan *Histogram Equalization*. Penelitian ini menghasilkan citra rontgen sebelum dan sesudah diperbaiki serta menampilkan akurasi dan durasi waktu untuk mengetahui seberapa optimal perbaikan citra yang dilakukan. Pada penelitian [7] menggunakan metode *Mean Filter* dan *Histogram Equalization*. Penelitian [7] menggunakan citra digital biasa yang mengalami *noise* sebagai data input. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan citra rontgen sebagai data input.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai rata-rata PSNR dan akurasi *Gaussian Filter* dan *Histogram Equalization* dalam memperbaiki citra rontgen adalah sebesar 31 dB dan 71% pada matriks kernel 3x3, pada matriks kernel 5x5 sebesar 32 dB dan 77%, serta pada matriks kernel 7x7 sebesar 32 dB dan 78%. Ukuran matriks kernel dan citra masukan yang digunakan dapat berpengaruh terhadap nilai PSNR dan akurasi yang didapatkan. Hal ini dikarenakan citra masukan yang digunakan berbeda-beda. Pada citra area rongga dada semakin besar matriks kernel yang digunakan semakin tinggi nilai PSNR dan akurasi yang didapatkan, dan semakin kecil matriks kernel yang digunakan maka semakin rendah nilai PSNR dan akurasi yang didapatkan. Sedangkan pada citra lutut dan tangan, semakin kecil matriks kernel yang digunakan maka semakin tinggi nilai PSNR dan akurasi yang didapatkan, serta semakin besar matriks kernel yang digunakan maka semakin rendah nilai PSNR dan akurasi yang didapatkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *Gaussian Filter* dan *Histogram Equalization* dapat mereduksi *noise* dengan optimal pada citra rontgen area dada.

Selain itu, dari penelitian ini juga diperoleh nilai rata-rata durasi waktu *Gaussian Filter* dan *Histogram Equalization* dalam memperbaiki citra rontgen adalah 9 detik pada matriks kernel 3x3 dan matriks kernel 5x5, sedangkan pada matriks kernel 7x7 rata-rata durasi waktunya adalah 8 detik. Berdasarkan nilai rata-rata durasi waktu yang didapatkan, dapat disimpulkan semakin besar ukuran matriks kernel yang digunakan maka semakin cepat durasi waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki citra rontgen.

Adapun saran pengembangan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan data citra dengan format ekstensi citra yang berbeda seperti bmp, gif, ataupun dcm agar dapat

dibandingkan hasil pengolahan citranya, serta dapat juga menggunakan citra masukan lain seperti citra USG, citra CT Scan dan citra MRI agar citra yang diolah lebih bervariatif.

Daftar Pustaka

- [1] S. Ratna, "Pengolahan Citra Digital dan Histogram Dengan Python Dan Text Editor Pycharm," *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 11(3), pp. 181-186, 2020.
- [2] A. R. Pambudi, "Deteksi Keaslian Uang Kertas Berdasarkan Watermark Dengan Pengolahan Citra Digital," *Jurnal Informatika Polinema*, 6(4), pp. 69-74, 2020.
- [3] M. & H. T. Orisa, "Analisis Teknik Segmentasi Pada Pengolahan Citra," *Jurnal Teknik Informatika*, 2(2), pp. 9-13, 2019.
- [4] D. Putra, Pengolahan Citra Digital, Yogyakarta: Andi, 2018.
- [5] I. Irmayani, "Perbaikan Kualitas Citra Rontgen Dengan Menggunakan Metode Gaussian Filter," *Informasi dan Teknologi Ilmiah (INTI)*, 6(2), pp. 250-254, 2019.
- [6] A. & G. G. Tommy, "Peningkatan Kualitas Citra Ultrasonografi (USG) dengan Menggunakan Metode Gaussian Filter," *Pelita Informatika*, pp. 121-126, 2019.
- [7] E. F. Manurung, "Implementasi Metode Median Filter Dan Histogram Equalization Untuk Perbaikan Citra Digital," *Pelita Informatika*, 6(1), pp. 67-71, 2017.
- [8] K. P. Ibrahim Haidi, "Brightness Preserving Dynamic Histogram Equalization for Image Contrast," *Computational Linguistic and Chinese Language Processing*. Vol.12, No.2, pp. 217-238, 2019.
- [9] S. Mariko, "Aplikasi Website Berbasis HTML dan JavaScript Untuk Menyelesaikan Fungsi Integral Pada Mata Kuliah Kalkulus," *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 6(1), pp. 80-91, 2019.
- [10] D. Saputra, "Analisis Perbandingan Performa Web Service Rest Menggunakan Framework Laravel, Django dan Ruby On Rails Untuk Akses Data," *Jurnal bangkit Indonesia*, 7(2), pp. 17-17, 2018.
- [11] U. K. M. R. H. L. & S. S. Rahmatin, "Pengembangan Media Komik Untuk Pembelajaran Materi Logika dan Algoritma Komputer," *Jambura Journal of Informatics*, 3(1), pp. 11-19, 2021.
- [12] H. Nopriandi, "Perancangan Sistem Informasi Registrasi Mahasiswa," *Jurnal Teknologi Dan Open Source*, 1(1), pp. 73-79, 2018.
- [13] J. A. Hall, Accounting Information System, Jakarta: Salemba Empat, 2018.
- [14] Basuki, "Implementasi Metode Histogram of Oriented Gradients dengan Optimasi Algoritman Frei-Chen untuk Deteksi Citra Manusia," *Universitas Komputer Indonesia*, 2018.
- [15] A. Fadillah, "Implementasi Metode Kombinasi Mean Filter Dan Median Filter Untuk Mereduksi Gaussian Noise, Salt And Pepper Noise, Speckle Noise Dan Exponential Noise Pada Citra Digital," *Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi USU*, pp. 18-19, 2019.
- [16] M. Wulandari, "Index Quality Assesment Citra Terinterpolasi (SSIM dan FSIM)," *Jurnal Terapan Teknologi Informasi*, 13, pp. 11-20, 2017.