

Implementasi Algoritma Pengolahan Citra Digital untuk Perbaikan Kualitas Gambar

Salma Ashillah¹, Steven Adventino Gulo², Yunita Rahmi³, Debi Yandra Niska⁴

¹²³⁴Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan

¹silaksp26@gmail.com, ²stevenadventgulo@gmail.com,

³yunitarahmidaulay310504@gmail.com, ⁴debiyandraniska@unimed.ac.id

Diterima : 25 April 2025

Disetujui : 26 Mei 2025

Abstract—Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar buram dengan menerapkan metode *Median Filter* dalam pemrosesan citra digital menggunakan GNU Octave. *Median Filter* dipilih karena efektivitasnya dalam mereduksi noise, khususnya jenis salt and pepper, tanpa menghilangkan detail penting pada gambar. Implementasi dilakukan pada citra uji berupa gambar bunga mawar, dan dievaluasi menggunakan metrik kualitas citra seperti *Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)*, *Mean Squared Error (MSE)*, dan *Structural Similarity Index Measure (SSIM)*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa metode ini menghasilkan kualitas citra yang sangat baik dengan nilai PSNR sebesar 57,68 dB, MSE sebesar 0,111, dan SSIM sebesar 0,9983. Temuan ini menunjukkan bahwa *Median Filter* merupakan metode yang efektif dan sederhana untuk peningkatan kualitas citra digital. Meskipun demikian, pemilihan metode pemrosesan citra tetap perlu disesuaikan dengan karakteristik dan jenis gangguan yang terdapat pada citra.

Keywords—GNU Octave, Median Filter, Pemrosesan Citra Digital, PSNR, MSE, SSIM

I. PENDAHULUAN

Dalam era digital yang berkembang pesat, kualitas gambar yang optimal menjadi salah satu aspek penting dalam berbagai aplikasi, termasuk medis, keamanan, analisis citra, hingga industri kreatif. Gambar adalah salah satu komponen multimedia dalam bentuk informasi visual [1]. Gambar yang buram atau mengalami degradasi kualitas sering kali menghambat proses analisis dan interpretasi data visual. Terdapat berbagai faktor yang dapat membuat gambar terdegradasi kualitasnya, seperti pergerakan alat pencitraan atau objek yang difoto, kesalahan dalam pengaturan fokus, serta gangguan dari turbulensi atmosfer [2]. Oleh karena itu, diperlukan metode restorasi citra yang dapat meningkatkan kualitas gambar secara otomatis agar dapat digunakan secara lebih optimal.

Pengolahan citra (*image processing*) memegang peranan penting dalam meningkatkan kualitas visual citra, tidak hanya melalui penambahan efek visual, tetapi juga dengan

memperbaiki informasi yang terkandung di dalamnya, sehingga mendorong perkembangan teknologi komputer dan kebutuhan akan media penyimpanan yang lebih besar [3]. Kualitas gambar merupakan indeks yang sangat penting dalam banyak aplikasi pengolahan citra digital dan visi computer [4]. Pengolahan citra digital mencakup berbagai teknik yang memungkinkan manipulasi dan analisis citra untuk memperoleh hasil yang lebih optimal. Beberapa metode umum yang digunakan dalam peningkatan citra meliputi unsharp masking, histogram equalization, dan median filter. Selain itu, teknik pemulihan citra seperti deblurring dan deconvolution juga memainkan peran penting dalam mengembalikan detail gambar yang hilang akibat proses pengambilan gambar yang tidak sempurna.

Penerapan teknik-teknik tersebut memerlukan pemahaman yang mendalam terhadap karakteristik citra dan algoritma yang digunakan. Evaluasi terhadap hasil pemrosesan sangat penting untuk menentukan metode mana yang

paling efektif dan sesuai untuk digunakan dalam kasus tertentu, tergantung pada kondisi awal citra dan tujuan pemrosesan. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan beberapa metode pengolahan citra digital, seperti median filtering dalam peningkatan kualitas gambar. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan efektivitas masing-masing metode dalam meningkatkan ketajaman dan kejernihan citra, serta mengevaluasi performa dari hasil pemrosesan berdasarkan tampilan visual dan karakteristik teknis gambar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan Citra Digital adalah cabang ilmu yang mempelajari cara membentuk, memproses, dan menganalisis citra untuk menghasilkan informasi yang dapat dimengerti dan dimanfaatkan oleh manusia [5]. Salah satu tujuan utama dalam bidang ini adalah meningkatkan kejernihan gambar yang buram atau memiliki kualitas rendah. Teknik pengolahan citra telah diterapkan di berbagai bidang, termasuk pengawasan, pengolahan medis, dan peningkatan kualitas gambar satelit. Penelitian oleh menerapkan kombinasi median filter dan peningkatan intensitas pada citra ultrasonografi ginjal dan berhasil meningkatkan nilai PSNR sekaligus menurunkan MSE. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan pengolahan citra dapat diandalkan untuk meningkatkan mutu visual, khususnya dalam aplikasi medis. Kualitas gambar perlu ditingkatkan guna mengatasi penurunan mutu foto serta perubahan yang memengaruhi kejernihan citra. Selain itu, pengolahan citra juga banyak digunakan dalam bidang forensik untuk meningkatkan kualitas bukti visual dalam investigasi kriminal.

B. Metode Peningkatan Ketajaman Citra

Penajaman citra merupakan kebalikan dari proses pelunakan, karena teknik ini justru mengurangi efek lembut atau kabur pada citra [7]. Beberapa metode umum dalam peningkatan ketajaman citra meliputi median filter, high-pass filter, dan Laplacian filter. Median filter bekerja dengan cara menggantikan nilai setiap piksel dengan nilai tengah (median) dari piksel-piksel di sekitarnya, sehingga efektif dalam mengurangi derau tanpa mengaburkan detail penting pada citra.

Dalam studi yang dilakukan oleh [8], efektivitas unsharp masking dibandingkan histogram equalization

diuji pada citra medis paru-paru. Hasilnya menunjukkan bahwa histogram equalization menghasilkan nilai PSNR yang lebih tinggi, yang berarti lebih efektif dalam meningkatkan kontras. Penelitian yang dilakukan oleh Aditia Pratama dan Abdul Sani Sembiring (2018) menunjukkan bahwa penggunaan median filter efektif dalam mengurangi derau pada citra digital tanpa menghilangkan detail objek utama. Hasil penelitian mereka mendukung bahwa median filter mampu meningkatkan kualitas citra secara signifikan terutama pada citra yang mengalami gangguan noise.[9].

C. Teknik Pemulihan Gambar (Image Restoration)

Pemulihan gambar merupakan teknik yang bertujuan menghilangkan blur atau noise dari suatu gambar. SSIM digunakan untuk mengevaluasi efektivitas metode reduksi noise yang diusulkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah penerapan pendekatan superpixel, nilai SSIM meningkat secara signifikan, menandakan bahwa citra yang telah direduksi noise mempertahankan struktur aslinya dengan lebih baik sehingga kualitas visual citra menjadi jauh lebih optimal. *Mean Squared Error* (MSE) mengukur rata-rata perbedaan kuadrat antara nilai piksel gambar asli dan gambar yang diproses; semakin rendah nilainya, semakin mirip gambar hasil dengan aslinya. *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) menghitung rasio antara nilai sinyal maksimum dengan noise (diukur melalui MSE) dalam satuan desibel (dB), sehingga nilai PSNR yang lebih tinggi menunjukkan kualitas gambar yang lebih. Menunjukkan relevansi dengan pendekatan ini, [10] membuktikan bahwa kombinasi metode denoising dan peningkatan kontras secara signifikan menurunkan nilai MSE dan meningkatkan struktur visual pada hasil akhir citra. Hal ini mendukung penggunaan PSNR dan MSE sebagai metrik evaluasi dalam penelitian pemulihan citra.

D. Penggunaan MATLAB/Octave dalam Pengolahan Citra

MATLAB dan *Octave* merupakan perangkat lunak yang umum digunakan dalam pemrosesan citra karena memiliki pustaka dan fungsi yang mendukung operasi konvolusi, filtering, dan *deblurring*. MATLAB menyediakan *toolbox* seperti *Image Processing Toolbox*, yang memungkinkan manipulasi citra dengan berbagai teknik peningkatan kualitas, termasuk regularisasi berbasis wavelet dan pendekatan *Fourier Octave*, sebagai perangkat lunak open-source, menyediakan paket 'image' yang mendukung berbagai

operasi pemrosesan citra, termasuk penyaringan, segmentasi, dan deteksi tepi. OCTAVE adalah kerangka kerja yang dirancang untuk membantu organisasi dalam mengidentifikasi dan mengelola risiko keamanan informasi. [11] berhasil memanfaatkan MATLAB untuk mengimplementasikan metode histogram equalization berbasis fuzzy yang mampu mempertahankan kecerahan gambar tanpa over-enhancement. Hal ini menunjukkan fleksibilitas MATLAB dalam eksperimen citra dengan parameter adaptif. Selain itu, penelitian yang dilakukan [12] berhasil memperkenalkan guided filtering berbasis Unsharp Mask, yang dapat diadaptasi dalam Octave sebagai alternatif open-source untuk pengembangan algoritma sejenis. Keunggulan MATLAB dan Octave dalam pemrosesan citra terletak pada fleksibilitasnya dalam mengimplementasikan algoritma machine learning dan deep learning untuk analisis citra yang lebih kompleks.

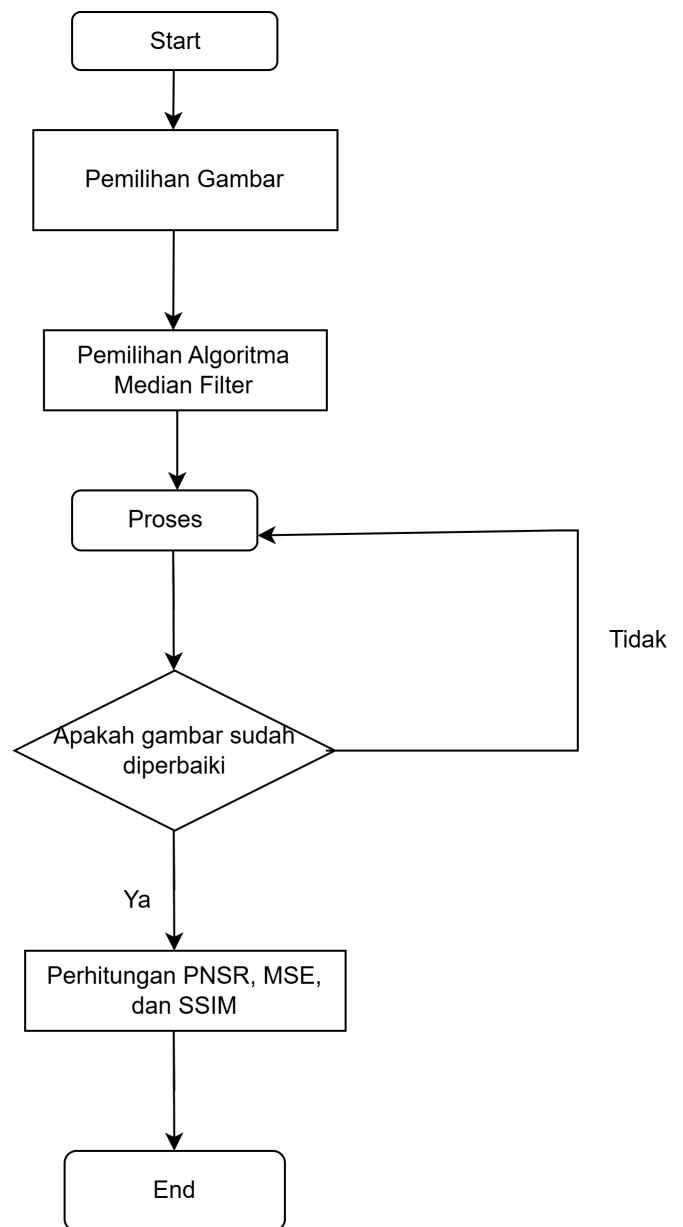
III. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dalam bidang rekayasa perangkat lunak yang bertujuan untuk membangun sebuah aplikasi berbasis GNU Octave guna memperbaiki foto buram dengan teknik pemrosesan citra digital. Dengan menggunakan algoritma pemrosesan citra, penelitian ini mengembangkan metode peningkatan ketajaman, peningkatan kontras, serta pengurangan noise pada gambar yang buram. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil algoritma menggunakan metrik evaluasi, sehingga efektivitas aplikasi dapat dinilai secara kuantitatif dan kualitatif

B. Alur Penelitian

Penulis membuat alur penelitian dalam bentuk *Flowchart* yang dibuat di *web draw.io*. Berikut alur penelitian yang akan dilakukan;



Gambar 1. Flowchart penelitian

C. Implementasi Algoritma Pemrosesan Citra

Dalam implementasi ini, digunakan tiga metode utama untuk meningkatkan kualitas gambar buram, yaitu Median Filter untuk pengurangan noise. Seluruh implementasi dilakukan menggunakan GNU Octave. Dalam implementasi ini, proses pemilihan gambar dilakukan melalui dialog interaktif yang memungkinkan pengguna untuk memilih file gambar dari komputer mereka. Dialog ini dibuat

menggunakan fungsi `uigetfile` ini menampilkan antarmuka grafis untuk navigasi dan pemilihan file.

1. Pengurangan Noise dengan Median Filter

Image denoising merupakan salah satu tugas penting dalam pemrosesan citra, yang telah lama dikembangkan dan memiliki beragam aplikasi, karena gangguan noise hampir selalu muncul dalam proses akuisisi maupun pengiriman gambar [13]. Median Filter merupakan salah satu metode *image denoising* yang bekerja pada domain spasial [14]. Median Filter digunakan untuk menghilangkan noise seperti salt and pepper noise yang sering muncul pada gambar digital. *Salt-and-pepper noise* ditandai dengan munculnya piksel-piksel hitam dan putih secara acak pada gambar, yang dapat disebabkan oleh gangguan selama proses akuisisi atau transmisi data. Berbeda dengan filter rata-rata yang cenderung mengaburkan tepi objek dalam gambar, median filter mampu mempertahankan detail dan tepi tersebut sambil menghilangkan noise. Prinsip kerja median filter adalah dengan mengganti nilai setiap piksel dengan median dari nilai-nilai piksel di sekitarnya dalam jendela tertentu. Proses ini efektif dalam menghilangkan piksel-piksel yang sangat berbeda dari lingkungan sekitarnya, seperti yang disebabkan oleh *salt-and-pepper noise*. Cara mencari Median Filter yaitu:

$$I_{filtered}(x, y) = \text{median} \{I(x + i, y + j)\}$$

Keterangan:

$$i, j \in \left[-\frac{n-1}{2}, \frac{n-1}{2}\right]$$

median = nilai tengah dari matriks yang sudah diurutkan

D. Evaluasi Kinerja Aplikasi

Setelah implementasi selesai, kualitas gambar diuji menggunakan beberapa metrik evaluasi, yaitu PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*), MSE (*Mean Squared Error*), dan SSIM (*Structural Similarity Index*).

1. Perhitungan PSNR dan MSE

PSNR mengukur kualitas gambar hasil pemrosesan dibandingkan dengan gambar asli, sedangkan MSE menunjukkan seberapa besar

perbedaan antara kedua gambar tersebut. Berikut rumus untuk mencari PSNR

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right)$$

Keterangan:

MAX_I^2 = nilai pixel maksimum pada citra untuk 8-bit, nilainya 225)

Sedangkan untuk mencari MSE sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 [A_{ij} - B_{ij}]^2$$

Keterangan:

A = citra asli

B = citra hasil pemrosesan

m = jumlah kolom matriks

n = jumlah baris matriks

2. Perhitungan SSIM

SSIM digunakan untuk mengevaluasi kesamaan struktur antara gambar asli dan gambar hasil perbaikan. Berikut rumus untuk mencari SSIM

$$SSIM = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)}$$

Keterangan:

μ_x, μ_y = Rata-rata intensitas pixel

gambar xx dan yy

σ_x^2, σ_y^2 = Varians gambar x dan y

σ_{xy} = Kovarians antara xx dan yy

C_1, C_2 = Konstanta stabilisasi (biasanya $C_1 = (0.01 \cdot L)^2$, $C_2 = (0.03 \cdot L)^2$; dengan L = rentang dinamik piksel, misal 255 untuk gambar 8-bit)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan:

A. Median Filter

Median Filter berfungsi untuk salt and pepper noise pada citra agar citra menjadi bagus.



Gambar 2. Gambar bunga mawar yang terkena *salt and pepper noise*



Gambar 3. Gambar sebelumnya yang sudah di konversi ke *grayscale*

Setelah dijalankan pada program GNU Octave, maka dihasilkan matriks pada citra *grayscale*, karena baris dan kolom dari matriks tersebut terlalu panjang, maka kami akan mengambil grid 3x3 yang pertama sebagai contoh:

$$\begin{bmatrix} 23 & 34 & 19 \\ 20 & 31 & 30 \\ 21 & 30 & 30 \end{bmatrix}$$

Setelah itu, kita akan mengurutkan matriks tersebut dari terkecil ke terbesar:

$$[19, 20, 21, 23, 30, 30, 30, 31, 34]$$

Karena jumlah data ada 9, maka kita ambil saja mediannya (nilai tengah) yaitu 30

Selanjutnya, mediannya ditempatkan ditengah-tengah grid 3x3 sebelumnya

$$\begin{bmatrix} 23 & 34 & 19 \\ 20 & 30 & 30 \\ 21 & 30 & 30 \end{bmatrix}$$

Terlihat angka 31 pada matriks sebelumnya diganti menjadi mediannya yaitu 30.



Gambar 4. Gambar bunga mawar yang sudah diperbaiki menggunakan *Median Filter*

Gambar asli memiliki salt and pepper noise. Setelah diperbaiki menggunakan Median Filter, maka hasil akhir tidak memiliki salt and pepper noise lagi. Yang artinya gambar sudah diperbaiki dengan metode ini.

B. Evaluasi Kinerja Aplikasi

Setelah ketiga metode diterapkan, hasil perbaikan gambar dievaluasi menggunakan tiga metrik evaluasi, yaitu PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*), MSE (*Mean Squared Error*), dan SSIM (*Structural Similarity Index Measure*).

1. MSE (*Mean Squared Error*)

$$MSE = \frac{1}{3 \times 3} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 [A_{ij} - B_{ij}]^2$$

Hanya satu yang berbeda (tengah-tengah kedua matriks)

$$(31 - 30)^2 = 1^2 = 1$$

Lalu masukkan ke dalam rumus MSE:

$$MSE = \frac{1}{3 \times 3} (1) = \frac{1}{9} = 0,111$$

Karena 0,111 mendekati 0, maka biasanya perbedaan antara citra asli dan hasil sangat kecil

2. PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*)

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right)$$

Perlu diingat bahwa $MAX_I = 255$ dan $MSE = 0,111$, maka:

$$\begin{aligned} PSNR &= 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{0,111} \right) \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{65025}{0,111} \right) \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{0,111} \right) \\ &= 10 \log_{10}(585283,2) \\ &= 57,68 \text{ dB} \end{aligned}$$

Karena ini melebihi 40 dB, maka citra tersebut hampir tidak ada perbedaan

3. SSIM (*Structural Similarity Index Measure*)

Berikut langkah-langkah perhitungan dari SSIM:

a. Hitung rata-rata (mean)

$$\begin{aligned} \mu_x &= \frac{1}{9} \left(\sum A \right) = \frac{238}{9} = 26,444 \\ \mu_y &= \frac{1}{9} \left(\sum A \right) = \frac{237}{9} = 26,333 \end{aligned}$$

b. Hitung varians

$$\begin{aligned} \sigma_x^2 &= \frac{1}{9} \sum_{i,j} (A_{ij} - \mu_x)^2 = 21,361 \\ \sigma_y^2 &= \frac{1}{9} \sum_{i,j} (B_{ij} - \mu_x)^2 = 20,889 \end{aligned}$$

c. Hitung kovarians

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{9} \sum_{i,j} (A_{ij} - \mu_x)(B_{ij} - \mu_x) = 21,119$$

d. Tentukan konstanta (C)

$$\begin{aligned} C_1 &= (0,01 \times 255)^2 = 6,5025 \\ C_2 &= (0,03 \times 255)^2 = 58,5225 \end{aligned}$$

e. Masukkan ke dalam rumus SSIM

$$\begin{aligned} SSIM &= \\ &= \frac{(2 \times 26,444 + 6,5025)(2 \times 21,119 + 58,5225)}{(26,444^2 + 26,333^2 + 6,5025)(21,361 + 20,889 + 58,5225)} \\ &= 0,9983 \end{aligned}$$

Karena 0,9983 berada di dalam *range* 0,95-1, maka perbedaan nyaris tak terlihat (hampir identical)

V. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengimplementasikan metode pemrosesan citra digital yaitu Median Filter dalam aplikasi berbasis GNU Octave untuk memperbaiki kualitas gambar buram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Median Filter efektif dalam mereduksi noise seperti salt and pepper tanpa menghilangkan detail penting pada gambar. Evaluasi menggunakan metrik PSNR, MSE, dan SSIM pada gambar uji, yaitu gambar bunga mawar, memperlihatkan bahwa Median Filter menghasilkan kualitas gambar terbaik dengan PSNR bernilai 57,68 dB, MSE bernilai 0,111, serta SSIM yang bernilai 0,9983. Meskipun demikian, metode *Median Filter* memiliki keterbatasan, sehingga pemilihan metode yang tepat harus mempertimbangkan karakteristik citra yang akan diproses.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Ramadhan, A. F. Wara, & I. D. Reja, "ANALISIS PERBAIKAN CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN METODE CONTRAST STRECHING," *Jurnal In Create (Inovasi & Crease dalam Teknologi Informasi)*, vol. 9, no. 1, pp. 66-76, 2023.
- [2] D. Austin, M. I. Español, & M. Pasha, "THE IMAGE DEBLURRING PROBLEM: MATRICES, WAVELETS, AND MULTILEVEL METHOD," *Notices of the American Mathematical Society*, vol. 69, no. 8, pp. 1284-1295, 2022.
- [3] S. Irandoust-pakchin, S. Babapour, & M. Lakestani, "Image deblurring using adaptive fractional-order shock filter," *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, vol. 44, no. 6, pp. 4907-4922, 2020.
- [4] Y. S. Muzahardin, A. Fauzi, & Nurhayati, "PERBAIKAN CITRA DIGITAL PADA FOTO DENGAN MENGGUNAKAN METODE RETINEX," *Jurnal Teknik Informatika Kaputama*, vol. 6, no. 1, pp. 133-139, 2021.
- [5] S. Ratna, "PENGOLAHAN CITRA DIGITAL DAN HISTOGRAM DENGAN PHYTON DAN TEXT EDITOR PHYCHARM," *Technologia: Jurnal Ilmiah*, vol. 11, no. 3, pp. 181-186, September 2020.
- [6] N. L. K. Sari, A. A. Budi, and R. H. Saputra, "Aplikasi Image Enhancement untuk Peningkatan Kualitas Citra Ultrasonografi Ginjal," *Jurnal Ilmiah Giga*, vol. 13, no. 1, pp. 12-20, 2021. [Online]. Available: <https://journal.unas.ac.id/giga/article/view/1627>

- [7] M. Zuhdi & A. Busyairi, "Program Dekonvolusi Blind Berbasis Matlab untuk Mempertajam Citra Akibat Simulasi Efek Buram Lensa," *Kappa Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 170-183, April 2023.
- [8] S. R. T. and R. R., "Analysis and Comparison of Image Enhancement Technique for Improving PSNR of Lung Images by Unsharp Mask Filtering Technique over Histogram Equalization Technique," *Cardiometry*, no. 25, pp. 243–248, Dec. 2022. [Online]. Available: <https://www.cardiometry.net/issues/no25-december-2022/unsharp-mask-filtering>
- [9] A. Pratama and A. S. Sembiring, "Peningkatan Kualitas Citra Digital Menggunakan Metode Median Filter," *Jurnal Pengolahan Citra dan Komputasi Visual*, vol. 5, no. 2, pp. 45–52, 2023.
- [10] I. A. Pardosi, "Analysis of Combination Algorithms for Denoising and Contrast Enhancement Images," *JITEKI*, vol. 8, no. 2, pp. 150–159, 2022. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/364029770>
- [11] X. Zhu, X. Yu, and H. Lu, "Image Enhancement using Fuzzy Intensity Measure and Adaptive Clipping Histogram Equalization," *arXiv preprint*, arXiv:2101.05922, Jan. 2021. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2101.05922>
- [12] Z. Shi, S. Liu, Y. Zheng, and X. Liang, "Unsharp Mask Guided Filtering," *arXiv preprint*, arXiv:2106.01428, Jun. 2021. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2106.01428>
- [13] H. Kurnia & T. Hidayat, "Penajaman Kualitas Citra Digital Menggunakan Histogram Equalization," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*, vol. 6, no. 1, pp. 1-7, Januari 2023.
- [14] B. Budiman, D. Nababan, Risald, & R. Y. Kolloh, "Segmentasi Citra Tenun Menggunakan Metode Otsu Thresholding dengan Median Filter," *Jurnal Teknologi dan Ilmu Komputer Prima*, vol. 5, no. 1, pp. 1-6, April 2022.