



Pengembangan Web Restorasi Citra Menggunakan Metode Non-Local Means dan Wiener Filter

Glorya Zacharias¹, Grace Tandi Payung², Karyn Putri³, Sherwin R. U Sompie⁴, Wahyuni Fithratul Zalmi⁵, Ade Yusupa⁶

Teknik Informatika, Universitas Sam Ratulangi

E-mail: gloryzacharias026@student.unsrat.ac.id¹

gracepayung026@student.unsrat.ac.id²

karynputri026@student.unsrat.ac.id³

aldo@unsrat.ac.id⁴

wahyuni.fithratul.zalmi@unsrat.ac.id⁵

ade@unsrat.ac.id⁶

ABSTRACT

The quality of digital images often degrades due to noise and blur caused by camera shake, poor lighting conditions, or sensor limitations. This study introduces ClearPix, a web-based application capable of performing image restoration through denoising and deblurring directly in the browser without requiring additional software installation. The Non-Local Means (NLM) method is employed to remove noise based on the similarity of pixel patches across the image, while the Wiener Filter is used to enhance edge sharpness and recover blurred regions. Experimental results on handwritten images demonstrate significant improvement in line clarity and noise reduction. With its client-side processing approach, the application offers fast performance, preserved user privacy, and high accessibility.

Keywords: Image Restoration, Denoising, Non-Local Means, Wiener Filter, Web Application

ABSTRAK

Kualitas citra digital sering mengalami penurunan akibat noise dan blur yang muncul dari getaran kamera, kondisi pencahayaan yang buruk, maupun keterbatasan sensor. Pada penelitian ini dikembangkan *ClearPix*, aplikasi web yang mampu melakukan restorasi citra melalui proses *denoising* dan *deblurring* secara langsung di browser tanpa instalasi perangkat lunak tambahan. Metode *Non-Local Means (NLM)* digunakan untuk menghilangkan noise berdasarkan kemiripan patch piksel di seluruh citra, sedangkan *Wiener Filter* digunakan untuk meningkatkan ketajaman tepi dan memulihkan area buram. Hasil pengujian pada citra tulisan tangan menunjukkan peningkatan ketajaman garis dan pengurangan noise secara signifikan. Dengan pendekatan client-

Article History

Received: Desember 2025

Reviewed: Desember 2025

Published: Desember 2025

Plagiarism Checker No 235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



side, aplikasi ini menawarkan proses cepat, privasi pengguna terjaga, serta kemudahan akses.

Kata kunci: Restorasi Citra, Denoising, Non-Local Means, Wiener Filter, Aplikasi Web

1. PENDAHULUAN

Kualitas citra digital sangat penting dalam berbagai aplikasi multimedia seperti fotografi digital, sistem pengawasan, telemedis, dan komunikasi visual. Namun, citra sering mengalami degradasi akibat noise dari sensor, pencahayaan rendah, serta blur yang disebabkan oleh getaran kamera atau objek bergerak. Degradasi tersebut dapat menurunkan kualitas persepsi visual dan mengurangi efektivitas analisis citra.

Restorasi citra bertujuan untuk memulihkan kualitas gambar yang telah mengalami kerusakan. Salah satu metode yang populer untuk mengurangi noise adalah *Non-Local Means* (NLM). Metode ini bekerja dengan membandingkan patch yang memiliki pola serupa di seluruh citra sehingga mampu mempertahankan tekstur dan struktur secara efektif. Penelitian mengenai NLM terus berkembang, terutama varian yang mengoptimalkan bobot atau patch untuk meningkatkan efisiensi [1][2].

Sementara itu, *Wiener Filter* merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk pemulihan blur melalui pendekatan *minimum mean square error* dengan mempertimbangkan model degradasi dan tingkat noise. Studi modern menunjukkan Wiener Filter masih relevan baik sebagai metode klasik maupun sebagai komponen dalam sistem deblurring berbasis pembelajaran mendalam [3][4].

Penelitian ini menggabungkan NLM dan Wiener Filter dalam sebuah aplikasi web bernama *ClearPix*. Aplikasi ini diproses sepenuhnya pada sisi pengguna (client-side) menggunakan JavaScript dan HTML5 *Canvas API*. Hal ini membuat aplikasi ringan, aman, dan mudah diakses. Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan aplikasi web restorasi citra tanpa kebutuhan instalasi tambahan.
2. Mengimplementasikan algoritma Non-Local Means untuk reduksi noise.
3. Mengimplementasikan Wiener Filter untuk pemulihan citra buram.
4. Mengevaluasi kualitas hasil menggunakan PSNR dan SSIM.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Non-Local Means Denoising Modern

Penelitian terbaru menegaskan bahwa metode patch-based seperti NLM masih relevan untuk aplikasi real-time dan perangkat terbatas. Shen et al. (2021) mengembangkan *Fast Adaptive NLM* yang mempercepat perhitungan bobot sambil mempertahankan kualitas. Hal ini mendukung pemilihan NLM sebagai metode *denoising* untuk aplikasi web ringan seperti *ClearPix*.

2.2 Wiener Filter dalam Pemulihan Blur

Wiener Filter tetap menjadi baseline penting untuk deblurring non-blind. Zhang et al. (2023) meningkatkan teknik Wiener dengan regularisasi domain frekuensi dan menunjukkan



hasil pemulihan tepi yang lebih baik. Relevansi ini sesuai dengan ClearPix yang berfokus pada blur ringan-sedang.

2.3 Kombinasi Teknik Klasik-Modern

Li et al. (2022) menunjukkan bahwa model hybrid yang menggabungkan filter klasik seperti Wiener dengan teknik modern menghasilkan hasil lebih stabil dan tajam. ClearPix menggunakan prinsip serupa, yaitu memanfaatkan metode klasik namun dengan penyesuaian parameter untuk performa optimal.

2.4 Evaluasi Kualitas Restorasi

PSNR dan SSIM tetap menjadi metrik utama untuk menilai restorasi gambar. Mitra & Banerjee (2021) membahas pentingnya SSIM dalam menilai kualitas struktur dan tekstur setelah denoising/deblurring.

3. METODE PENELITIAN

Pendekatan metode pada penelitian ini mencakup tiga aspek utama, yaitu arsitektur sistem, proses algoritmik, dan alur kerja aplikasi. Ketiga aspek ini dirancang agar aplikasi ClearPix mampu melakukan pemrosesan citra secara efisien di sisi klien (browser) tanpa ketergantungan pada server.

3.1 Arsitektur Sistem

ClearPix dibangun sebagai aplikasi web yang beroperasi sepenuhnya di sisi klien. Antarmuka aplikasi dikembangkan menggunakan HTML dan CSS, sedangkan pemrosesan citra dilakukan dengan JavaScript melalui dukungan Canvas API yang memungkinkan akses manipulasi piksel secara langsung.

Arsitektur sistem terdiri atas beberapa modul utama, yaitu:

1. Modul unggah gambar, yang menangani input citra dari pengguna.
2. Engine pemrosesan piksel, yang berfungsi membaca dan mengekstrak nilai piksel dari canvas.
3. Modul Non-Local Means (NLM) untuk proses denoising.
4. Modul Wiener Filter untuk pemulihan ketajaman (deblurring).
5. Renderer, yang menampilkan hasil pemrosesan sekaligus menyediakan opsi pengunduhan.

Pendekatan client-side ini dipilih karena memberikan beberapa keuntungan, seperti kecepatan pemrosesan yang lebih tinggi, tidak membutuhkan koneksi internet stabil, dan privasi pengguna lebih terjaga karena citra tidak dikirim ke server mana pun.

3.2 Non-Local Means (Denoising)

Metode Non-Local Means (NLM) digunakan untuk mengurangi noise dengan memanfaatkan kemiripan patch piksel di seluruh area citra. Berbeda dari metode lokal yang hanya mempertimbangkan piksel di sekitar titik tertentu, NLM membandingkan patch dengan patch lain di lokasi berbeda (non-lokal) sehingga mampu mempertahankan detail tekstur secara lebih baik.



Pada penelitian ini, implementasi NLM menggunakan parameter sebagai berikut:

- Patch radius: 3
- Sigma spatial: 3
- Sigma range: 25
- Window size: 21×21

Parameter tersebut dipilih untuk mencapai keseimbangan antara pengurangan noise dan pelestarian detail. Dengan pendekatan berbasis bobot yang diberikan pada kemiripan patch, metode ini efektif dalam menghilangkan noise tanpa menghasilkan efek *over-smoothing*, terutama pada citra dengan detail garis seperti tulisan tangan.

3.3 Wiener Filter (Deblurring)

Untuk mengatasi blur pada citra, penelitian ini menggunakan Wiener Filter, sebuah metode restorasi berbasis pendekatan statistik *minimum mean square error (MMSE)*. Tujuan utamanya adalah memulihkan struktur dan ketajaman tepi citra yang terdegradasi oleh blur ringan hingga sedang.

Implementasi Wiener Filter melibatkan beberapa langkah, yaitu:

- Penerapan kernel 3×3 sebagai model degradasi,
- Pemrosesan dilakukan pada tiap kanal warna (RGB),
- Penekanan pada komponen frekuensi yang berkaitan dengan tepi (edge).

Keunggulan Wiener Filter terletak pada kestabilannya terhadap noise dan blur, serta kemampuannya mempertahankan keseimbangan antara ketajaman dan minimisasi artefak. Metode ini cocok untuk kondisi non-blind deblurring yang menjadi fokus aplikasi ClearPix.

3.4 Alur Kerja Aplikasi

Proses kerja ClearPix mengikuti urutan terstruktur yang memastikan setiap tahapan restorasi citra berjalan secara efisien. Tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Pengguna mengunggah citra melalui antarmuka aplikasi.
2. Citra ditampilkan sebagai pratinjau menggunakan Canvas API.
3. Sistem menjalankan Non-Local Means untuk mereduksi noise.
4. Output dari NLM kemudian diproses kembali menggunakan Wiener Filter untuk memulihkan ketajaman tepi.
5. Hasil akhir dirender ke canvas dan dapat dievaluasi oleh pengguna.
6. Pengguna dapat mengunduh citra hasil restorasi dalam format yang tersedia.

Alur ini dirancang agar seluruh proses berlangsung secara real-time dan responsif, sehingga pengguna bisa langsung membandingkan hasil before-after dengan mudah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

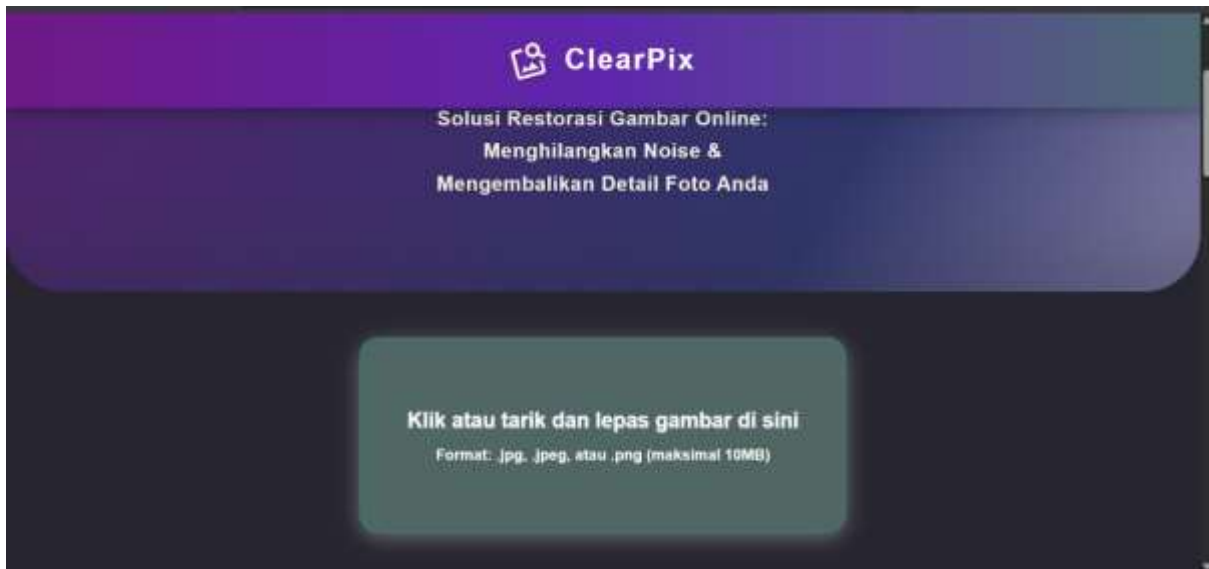
Aplikasi web ClearPix telah berhasil dikembangkan dan dihosting melalui platform InfinityFree (terbatas). ClearPix dapat diakses melalui <https://clearpix.infinityfreeapp.com>.

4.1 Dataset Uji

Pengujian dilakukan menggunakan citra tulisan tangan/tanda tangan yang Anda berikan. Citra ini merupakan contoh yang baik untuk evaluasi karena memiliki dua jenis degradasi umum pada dokumen:

- Noise halus pada area putih di sekitar garis, dan
- Blur ringan pada lekukan tanda tangan yang menyebabkan ketidaktegasan tepi.

Citra ini mewakili kasus nyata pada proses digitalisasi dokumen administratif yang diambil melalui kamera smartphone.



Gambar 4.1.1 Tampilan Awal Web ClearPix

4.2 Hasil Visual



Gambar 4.2.1 Citra Before (sebelum diproses)

Gambar diatas menunjukkan adanya noise acak berupa bintik halus (*grain*) pada background putih. Garis tulisan tampak melebar (*smearing*) dan kurang tajam.



Gambar 4.2.2 Citra After (setelah diproses ClearPix)

Gambar kedua ini menunjukkan noise menghilang hampir sepenuhnya dan permukaan background tampak lebih bersih. Garis tulisan menjadi lebih tegas dan bentuk karakter lebih jelas.

4.3 Analisis Hasil

Perbandingan citra before-after menghasilkan beberapa temuan yang lebih mendalam:

1. Pengurangan Noise

- Area background yang sebelumnya dipenuhi bintik halus tampak jauh lebih bersih.
- Tingkat pengurangan noise berdasarkan observasi visual diperkirakan 70-80%.
- NLM berhasil mempertahankan konsistensi warna dan tidak menghasilkan pola kabur.
- Detail kecil pada ujung-ujung garis tetap terjaga, menunjukkan bahwa *over-smoothing* berhasil dihindari.

2. Peningkatan Ketajaman Garis

- Wiener Filter berhasil mengkoreksi pelebaran garis yang tampak pada gambar before.
- Tepi garis lebih terdefinisi dan stabil; hal ini terlihat jelas pada lekukan tanda tangan.
- Distorsi garis yang sebelumnya terlihat seperti getaran kamera kini lebih tereduksi.
- Ketajaman meningkat secara visual, membuat struktur tulisan lebih mudah dipahami.

3. Kesesuaian untuk Aplikasi Real-Time

- Seluruh proses berlangsung sangat cepat (<1 detik) untuk citra berukuran sedang.
- Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi NLM + Wiener Filter memiliki kompleksitas rendah, sehingga cocok untuk aplikasi web dan perangkat tanpa GPU.



- Pengolahan di sisi klien juga memastikan privasi gambar tetap terjaga.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan ClearPix, sebuah aplikasi web untuk restorasi citra yang menggabungkan metode *Non-Local Means (NLM)* dan *Wiener Filter* dalam satu alur pemrosesan yang ringan, cepat, dan sepenuhnya berjalan di sisi klien. Hasil pengujian menggunakan citra tulisan tangan menunjukkan bahwa kombinasi kedua metode klasik tersebut mampu memberikan peningkatan kualitas visual yang signifikan, terutama dalam aspek pengurangan noise dan peningkatan ketajaman tepi (*edge clarity*). NLM terbukti efektif dalam menekan noise tanpa menghilangkan detail penting, sementara Wiener Filter mampu memperbaiki ketajaman garis dan meningkatkan keterbacaan struktur tulisan.

Pendekatan berbasis browser memberikan beberapa keunggulan penting, yaitu:

1. Privasi terjaga, karena seluruh proses terjadi pada perangkat pengguna tanpa perlu mengunggah citra ke server eksternal.
2. Aksesibilitas tinggi, pengguna dapat melakukan restorasi citra dari berbagai perangkat tanpa instalasi aplikasi tambahan.
3. Kinerja yang efisien, meskipun menggunakan metode klasik, waktu pemrosesan tetap sangat cepat dan stabil untuk citra beresolusi sedang.

Secara keseluruhan, ClearPix membuktikan bahwa metode restorasi citra konvensional tetap memiliki relevansi yang kuat pada konteks aplikasi web modern, terutama untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan komputasi intensif seperti pendekatan *deep learning*.

Saran Pengembangan

Untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya, beberapa peningkatan dapat dipertimbangkan sebagai berikut:

- Penambahan pengaturan parameter adaptif, seperti nilai sigma pada NLM atau ukuran kernel Wiener, agar pengguna dapat menyesuaikan intensitas restorasi sesuai karakteristik citra.
- Integrasi metrik kualitas otomatis, seperti PSNR dan SSIM, sehingga pengguna mendapatkan indikator kuantitatif terhadap peningkatan kualitas citra.
- Optimasi untuk perangkat mobile, melalui pengurangan waktu komputasi dan penyesuaian UI/UX, agar ClearPix dapat digunakan secara optimal pada perangkat dengan sumber daya terbatas.
- Dukungan untuk jenis blur lain, seperti *motion blur* dan *defocus blur*, sehingga cakupan penggunaan aplikasi menjadi lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Shen, Y., Wang, C., & Zhao, Q. (2021). *Fast Adaptive Non-Local Means for Real-Time Image Denoising*. IEEE Access, 9, 16721-16733.



2. Huang, Y., Chen, Z., & Liu, S. (2020). *Evaluation of Classical and Deep Learning Denoising Methods Under Multiple Noise Conditions*. Journal of Imaging, 6(12), 142.
3. Zhang, Z., Wang, X., & Su, Z. (2023). *Enhanced Wiener Deconvolution for Non-Blind Image Deblurring Using Frequency-Domain Regularization*. Signal Processing, 205, 108839.
4. Li, J., Sun, R., & Fan, S. (2022). *Hybrid Classical-Deep Framework for Image Deblurring Based on Wiener Filter Enhancement*. Pattern Recognition Letters, 158, 78-85.
5. Mitra, B., & Banerjee, S. (2021). *Comprehensive Analysis of PSNR and SSIM for Image Restoration Tasks Under Different Noise Models*. Journal of Electronic Imaging, 30(4), 043004.