

Peningkatan Kualitas Citra Dokumen Dengan Metode Real-Esrgan, Classic Enhancement, dan Deblur & Sharpen

Jessica Tedja¹, Ince Olviana Inya Mete², Vannes³, Waeisul Bismi^{4*}, Ika Kurniawati⁵,
Riza Fahlapi⁶

Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Tekonologi dan Informasi,
Universitas Bina Sarana Informatika

E-mail Korespondensi : ¹⁾15230099@bsi.ac.id, ²⁾15230570@bsi.ac.id, ³⁾15230533@bsi.ac.id, ^{4*)}Waeisul.wbn@bsi.ac.id,
⁵⁾ika.iki@bsi.ac.id, ⁶⁾riza.rzf@bsi.ac.id

History Artikel

Diterima : 6 November 2025

Disetujui : 19 Februari 2026

Dipublikasikan : 26 April 2026

Abstract

The low quality of document images often poses a challenge in digitalization processes, especially for documents captured by cameras that suffer from issues such as blur, noise, and uneven lighting. These conditions can reduce text readability and the accuracy of Optical Character Recognition (OCR) systems. This research aims to enhance the quality of document images by implementing and comparing three methods: Classic Enhancement (CLAHE + Bilateral Filter), Deblur & Sharpen (Gaussian blur reduction + Laplacian sharpening), and super-resolution using Real-ESRGAN. The study utilizes a locally collected dataset, processes images through a structured pipeline (upload, conversion, enhancement, and evaluation), and evaluates the results using image quality metrics (PSNR, SSIM, and Entropy) and OCR performance metrics (Character Error Rate and Word Error Rate). The findings show that each method has distinct strengths: Classic Enhancement provides the highest structural stability (SSIM), Real-ESRGAN achieves the best detail and sharpness improvement (PSNR), particularly for color-rich documents, while Deblur & Sharpen offers the most balanced enhancement for images with minimal color. Overall, all methods successfully improve the visual quality of documents, with an adaptive combination of techniques recommended for optimal preprocessing, by utilizing an interactively designed website with the Python programming language integrated into Gradio. Live version 4.19.2, the platform becomes an open-access website, making it easy for everyone to access and use.

Keywords: Image Enhancement, Document Image Processing, Real-ESRGAN, Deblurring, Super Resolution

Abstrak

Kualitas citra dokumen yang rendah sering menjadi kendala dalam proses digitalisasi, terutama pada dokumen hasil tangkapan kamera yang mengalami gangguan seperti blur, noise, dan pencahayaan tidak merata. Kondisi tersebut dapat menurunkan tingkat keterbacaan teks serta akurasi pada sistem Optical Character Recognition (OCR). Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra dokumen dengan mengimplementasikan dan membandingkan tiga metode: Classic Enhancement (CLAHE + Bilateral Filter), Deblur & Sharpen (pengurangan Gaussian blur + penajaman Laplacian), dan super-resolution menggunakan Real-ESRGAN. Penelitian menggunakan dataset yang dikumpulkan secara lokal, memproses citra melalui pipeline terstruktur (unggah, konversi, peningkatan, dan evaluasi), serta menilai hasil dengan metrik kualitas citra (PSNR, SSIM, Entropi) dan metrik kinerja OCR (Character Error Rate, Word Error Rate). Hasil menunjukkan bahwa setiap metode memiliki keunggulan berbeda: Classic Enhancement memberikan stabilitas struktural tertinggi (SSIM), Real-ESRGAN mencapai peningkatan detail dan ketajaman terbaik (PSNR), terutama untuk dokumen kaya warna, sementara Deblur & Sharpen memberikan peningkatan paling seimbang untuk citra dengan warna minim. Secara keseluruhan, semua metode berhasil meningkatkan kualitas visual dokumen, dengan kombinasi teknik yang adaptif direkomendasikan untuk pra-pemrosesan optimal. Dengan menggunakan website desain yang interaktif dan menarik dengan Bahasa pemrograman *Python* yang diintegrasikan ke *Gradio.Live* versi 4.19.2 sehingga menjadi website *open access* memudahkan semua orang bisa mengakses website ini.

Kata Kunci: *Peningkatan Citra, Pengolahan Citra Dokumen, Real-ESRGAN, Penghilangan Blur, Super Resolusi*

How to Cite: Jessica Tedja (2026). Peningkatan Kualitas Citra Dokumen Dengan Metode Real-Esrgan, Classic Enhancement, dan Deblur & Sharpen. *KOMPUTEK : Jurnal Teknik Universitas Muhammadiyah Ponorogo*, Vol 10 (1): Halaman 32-41

© 2026 Universitas Muhammadiyah Ponorogo. All rights reserved

ISSN 2614-0985 (Print)
ISSN 2614-0977 (Online)

PENDAHULUAN

Digitalisasi arsip dan dokumen cetak semakin penting di berbagai bidang — pemerintahan, perbankan, pendidikan, dan riset — karena kebutuhan penyimpanan, pencarian, dan otomatisasi proses bisnis. Namun banyak dokumen yang dihasilkan dari pemindaian cepat atau foto ponsel memiliki masalah kualitas: resolusi rendah, blur akibat goyangan, noise, serta pencahayaan tidak merata. Al-Qurishi (2023) menyatakan kondisi-kondisi ini tidak hanya menurunkan keterbacaan visual, tetapi juga secara langsung menurunkan akurasi sistem Optical Character Recognition (OCR) yang digunakan untuk mengekstrak teks secara otomatis. Oleh karena itu, langkah pra-proses (image enhancement) menjadi tahap krusial untuk memperbaiki hasil OCR dan alur kerja digitalisasi.

Pratama dan Sari (2022) menyatakan bahwa pendekatan peningkatan kualitas citra dokumen umumnya dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok, yaitu metode klasik berbasis transformasi citra, metode restorasi tepi dan deblurring, serta pendekatan super-resolution berbasis deep learning. Mereka menjelaskan bahwa metode klasik—seperti kombinasi CLAHE dan bilateral filter—cukup populer karena cepat dan efisien secara komputasi serta mampu meningkatkan kontras tanpa merusak informasi warna. Namun, mereka menegaskan bahwa pendekatan ini memiliki keterbatasan ketika detail fisik teks telah hilang akibat blur atau resolusi rendah.

Untuk kasus blur dan permasalahan tepi, riset di bidang deblurring berbasis deep learning menunjukkan kemajuan besar sejak 2019–2022: jaringan-jaringan modern dapat menurunkan efek blur yang kompleks (motion blur, defocus) dan mengembalikan struktur tepi yang membantu pembacaan teks. Zhang et al. (2022) menyatakan bahwa pengembangan metode deblurring berbasis deep learning telah mengalami kemajuan signifikan dalam menangani berbagai bentuk

blur yang kompleks, termasuk motion blur dan defocus. Mereka menekankan bahwa model-model modern mampu memulihkan struktur tepi yang penting bagi keterbacaan teks, terutama melalui penggunaan arsitektur encoder–decoder dan loss function yang dirancang khusus untuk restorasi blur. Temuan ini menunjukkan bahwa deblurring menjadi komponen penting dalam pemrosesan dokumen yang mengalami penurunan kualitas akibat pergerakan kamera.

Wang et al. (2021) menyatakan bahwa Real-ESRGAN dikembangkan untuk menangani degradasi citra dunia nyata melalui skema degradasi sintesis yang lebih kompleks dan arsitektur generator–discriminator yang dimodifikasi. Mereka menunjukkan bahwa model ini mampu merekonstruksi tekstur halus serta kontur huruf pada citra beresolusi rendah, sehingga meningkatkan kualitas visual dan metrik kuantitatif seperti PSNR dan SSIM pada berbagai dataset nyata.

Li dan Zhao (2022) menyatakan bahwa kombinasi metrik fidelity seperti PSNR, metrik struktur seperti SSIM, dan metrik informasi seperti Entropy merupakan pendekatan umum untuk menilai kualitas citra, dan mereka merekomendasikan penambahan metrik berbasis tugas—misalnya OCR—untuk memperoleh evaluasi yang lebih holistik terhadap pemulihan tekstur. Selain itu, Kumar (2025) dan Tavares (2024) menunjukkan bahwa tahap pra-pemrosesan, termasuk CLAHE, thresholding adaptif, dan deblurring, mampu meningkatkan kinerja sistem OCR modern seperti Tesseract dan PaddleOCR pada citra dokumen yang terdegradasi. Oleh karena itu, evaluasi komprehensif yang memadukan metrik citra dan metrik tugas menjadi penting dalam menilai efektivitas metode enhancement. Kali ini kami menggunakan Bahasa pemrograman *Python* lalu di integrasikan ke *Gradio.Live versi 4.19.2* agar lebih mudah diakses semua orang.

METODE PENELITIAN

A. Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini adalah *data local* yang kami kumpulkan sendiri dengan mengamati keperluan dan kebutuhan lingkungan sekitar sebagai sumber data kami.

B. Tahapan Penelitian

1. Kelola Data

- a. Pengguna mengunggah/menyediakan satu atau beberapa citra dokumen dalam warna RGB (format JPEG/PNG) bisa berasal dari hasil pemindaian (scanner)/foto kamera ponsel. Lalu upload ke UI web.
- b. Verifikasi format file dan validitas (ekstensi, korupsi file).
- c. Konversi otomatis ke RGB bila input bukan RGB
- d. Simpan salinan mentah (raw/) untuk analisis perbandingan (baseline).

Penyimpanan versi mentah penting agar perbandingan metrik (PSNR/SSIM/Entropy) adil; banyak studi preprocessing dan evaluasi menggunakan citra asli sebagai baseline.

2. Sub-tahapan per metode & parameter penting:

- a. *Classic Enhancement (CLAHE + Bilateral)*
 - a) Konversi ke ruang YUV/YCrCb, terapkan CLAHE pada kanal luminance (Y) untuk memperbaiki kontras lokal.
 - b) Gabungkan kembali kanal chroma agar warna tetap terjaga.
 - c) Siregar dan Andriani (2023) menyatakan terapkan bilateral filter untuk mereduksi noise sambil mempertahankan tepi.

Tujuan: meningkatkan keterbacaan teks pada kondisi pencahayaan buruk tanpa merusak warna.

- a. Yulianto dan Putra (2024) menjelaskan bahwa jika metode SR menghasilkan

B. Deblur & Sharpen

- a) Terapkan Gaussian blur (sebagai referensi) lalu gunakan kombinasi unsharp mask / Laplacian untuk mempertegas tepi.
- b) Jika tersedia, uji jaringan deblurring berbasis deep learning untuk kasus motion blur (opsional).

Tujuan: memulihkan ketajaman tepi huruf yang kabur akibat goyangan kamera atau defokus.

C. Real-ESRGAN (Super-Resolution)

- a) Pastikan model berat (mis. RealESRGAN_x4plus.pth) tersedia / terunduh.
- b) Konversi BGR \leftrightarrow RGB sesuai ekspektasi model. Jalankan `upsampler.enhance()` dengan `outscale` yang sesuai (mis. 2–4).
- c) Resize/fit output jika perlu untuk evaluasi perbandingan.

Tujuan: merekonstruksi detail resolusi-tinggi yang hilang pada teks kecil atau blur halus sehingga meningkatkan keterbacaan dan detail struktur.

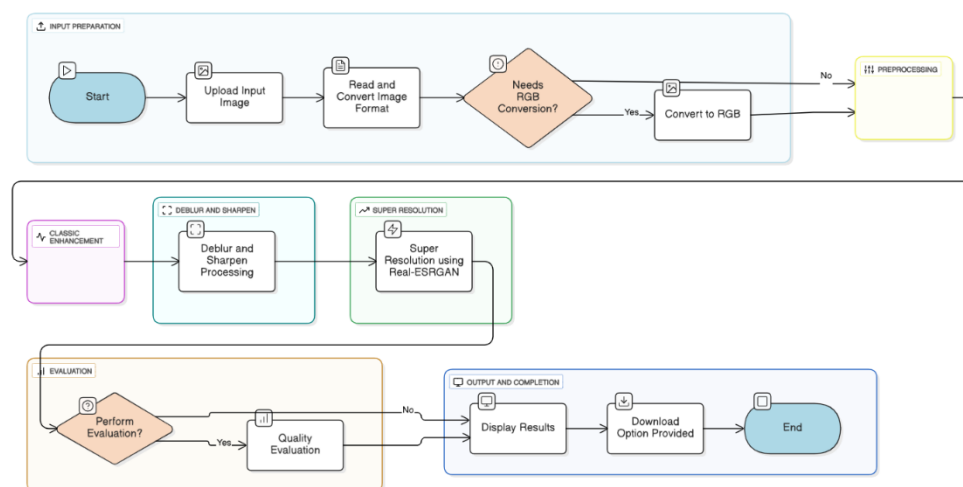
3. Metode yang digunakan Adalah

Tabel 1. Metode Yang digunakan

Metode	Teknik	Tujuan
Classic Enhancement	CLAHE + Bilateral	Tingkatkan kontras dan keterbacaan
Deblur & Sharpen	Gaussian blur reduction + Laplacian sharpen	Memperjelas edge teks
Real-ESRGAN	Super resolution scale 2–4	Rekonstruksi detail dan tekstur

- iii. Boxplot distribusi PSNR/SSIM antar metode.

- ukuran lebih besar, resize output kembali ke ukuran referensi sebelum hitung PSNR/SSIM agar perbandingan adil.
- b. Lakukan uji statistik (rata-rata + standar deviasi) pada dataset sample dengan *tile* sekitar 1200 untuk kesimpulan lebih kuat.
 - c. Jalankan pipeline OCR pada setiap output dan ukur metrik tugas: *word accuracy*, *character error rate (CER)* atau *word error rate (WER)* — ini menghubungkan perbaikan citra ke manfaat praktis.
4. Simpan keluaran citra, tabel metrik (CSV), grafik scatter PSNR vs SSIM, dan kumpulan hasil OCR (jika dilakukan). Siapkan galeri untuk presentasi visual.
- a) Simpan semua gambar output ke folder outputs/ dengan penamaan jelas (Original.png, Classic_Enhancement.png, Deblur_Sharpen.png, RealESRGAN.png).
 - b) Simpan file metrik metrics.csv (kolom: ImageID, Method, PSNR, SSIM, Entropy, OCR_CER, OCR_WER).
 - c) Buat visualisasi:
 - i. Scatter PSNR vs SSIM dengan label metode.
 - ii. Grid perbandingan visual (thumbnail original vs 3 hasil).
5. Hasil yang keluar adalah
- a. Fang et al. (2021) menyatakan bahwa perbandingan metrik kualitas antar metode diperlukan untuk mengidentifikasi dan evaluasi kondisi secara objektif dan menyeluruh.
 - b. Yulianto dan Putra (2024) menekankan bahwa analisis error pada hasil OCR penting dilakukan untuk memahami metode peningkatan kualitas citra terhadap proses ekstraksi teks otomatis
 - c. Tavares (2024) merekomendasikan penggunaan pipeline peningkatan kualitas citra dengan urutan CLAHE → deblurring → Real-ESRGAN.

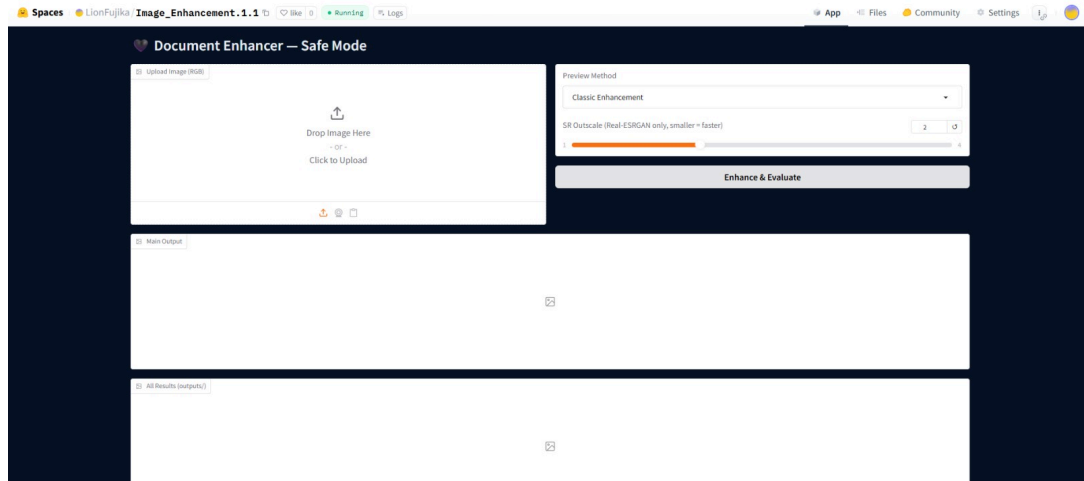


Gambar 1. Flowchart Dokumentasi pribadi

HASIL PEMBAHASAN

A. Visualisasi Kerangka Process

Visualisasi UI yang sudah kami desain sehingga lebih menarik untuk dilihat. Upload gambar yang akan di tingkatkan.

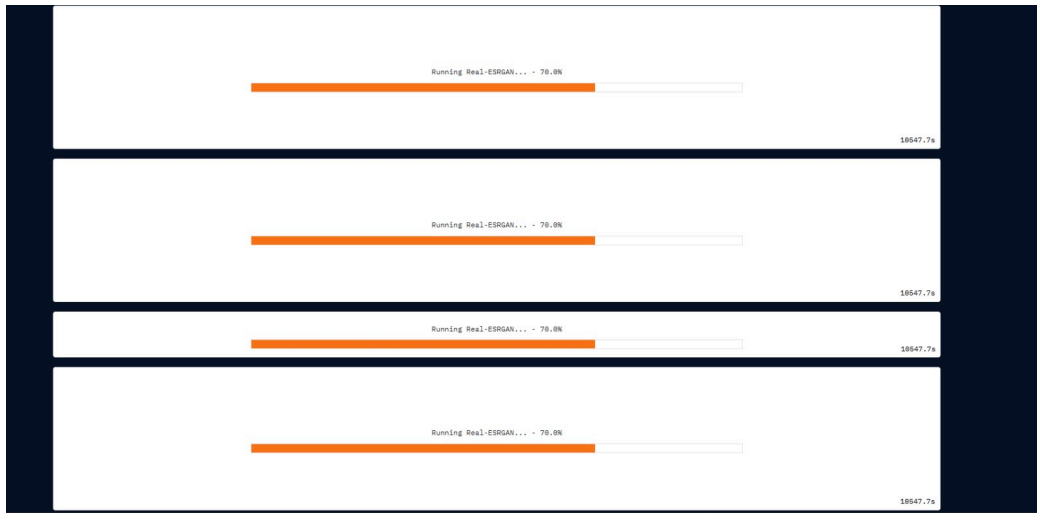


Gambar 2. Visualisasi UI Dokumentasi Pribadi

B. Estimasi

1. Pada Metode *Classic Enhancement* hanya memerlukan waktu kira – kira 60-120 detik (1-2 menit) saja. Dengan jumlah Tile1200.
2. Pada Metode *Deblur & Sharpen* hanya memerlukan waktu kira – kira 60-120 detik (1-2 menit) saja. Dengan jumlah Tile1200.
3. Pada Metode *Real-ESRGAN* memiliki estimasi waktu paling lama kira – kira 10500 – 11000 detik (175-183 menit). Dengan jumlah Tile1200.

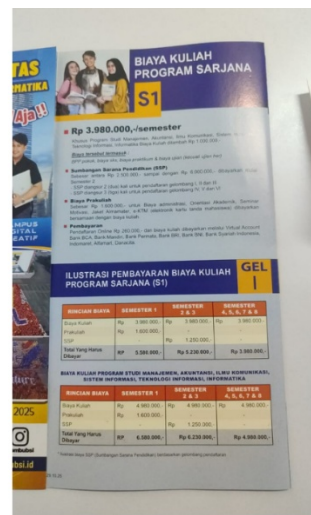
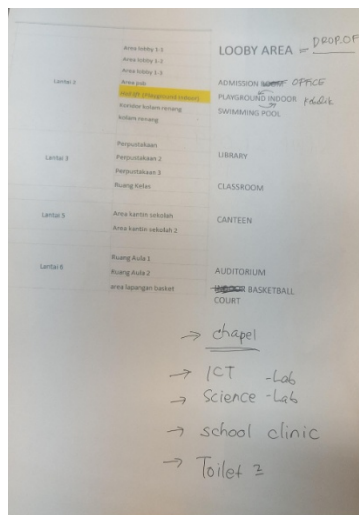
Alasan utama mengapa metode *Real-ESRGAN* lebih lama dikarenakan spesifikasi laptop yang digunakan adalah CPU, untuk hasil maksimal disarankan untuk menggunakan GPU.



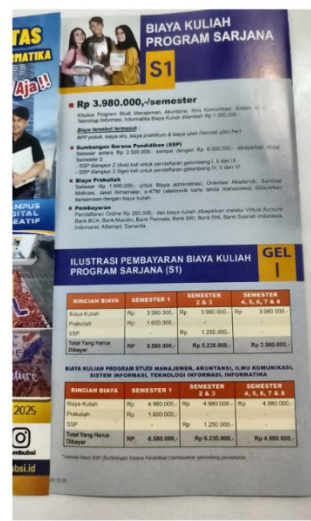
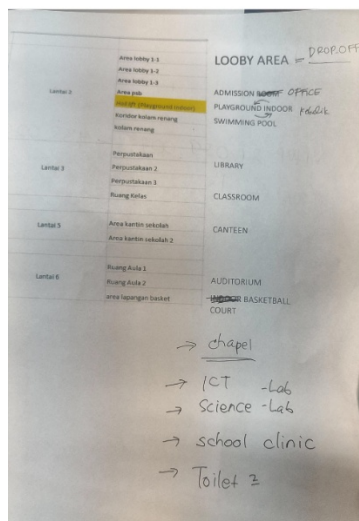
Gambar 3. Estimasi Running Program Dokumentasi Pribadi

C. Visualisasi Hasil

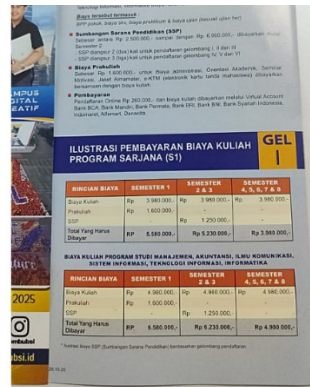
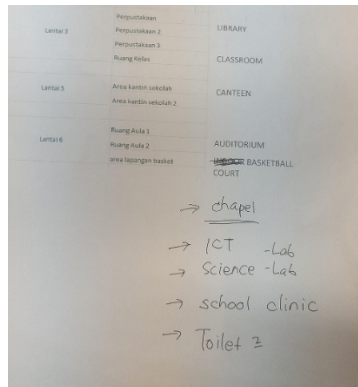
Sesudah melakukan Enhance & Evaluate. Maka hasil akan Enhance akan muncul lebih



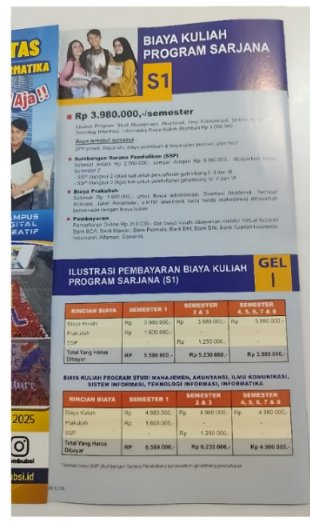
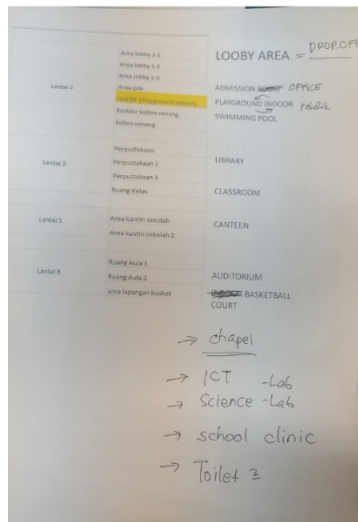
Real



Classic Enhancement



Deblur & Sharpen



Real-ESRGAN

Gambar 4. Perbandingan Citra berwarna dan Citra minim warna Dokumentasi Pribadi

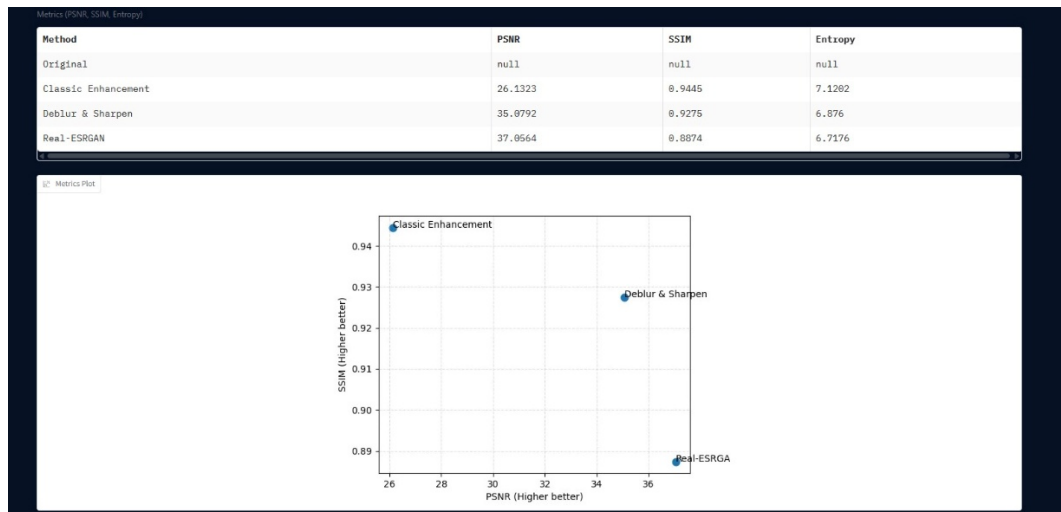
D. Visualisasi Perbandingan

Sesudah hasil Enhance keluar, maka hasil perbandingan antara metrics akan keluar juga.

=



Gambar 5. Metrics Citra Berwarna Dokumentasi Pribadi



Gambar 6. Metrics Citra Minim Warna Dokumentasi Pribadi

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian pada citra dokumen berwarna dan citra dengan warna minim, dapat disimpulkan bahwa setiap metode memiliki keunggulan masing-masing sesuai kondisi input. Classic Enhancement memberikan struktur teks yang paling stabil dengan nilai SSIM tertinggi, sedangkan *Real-ESRGAN* menunjukkan peningkatan detail dan ketajaman terbaik dengan PSNR tertinggi terutama pada citra berwarna. Pada citra dengan warna minim, Deblur & Sharpen menjadi metode paling seimbang dalam mempertahankan bentuk huruf dan meningkatkan keterbacaan. Secara keseluruhan, seluruh metode berhasil meningkatkan kualitas visual dokumen sehingga kombinasi pipeline adaptif direkomendasikan untuk

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qurishi, M. A., et al. (2023).** *Document Image Enhancement Using Hybrid Color and Sharpening Models.* Applied Sciences, 13(13), 7855. Available at: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/13/7855>.
- Al-Qurishi, M., et al. (2023).** *Image Enhancement Using Color Restoration and Edge Strengthening Techniques.* Applied Sciences, 13(13). Available at: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/13/7855>.
- Chen, Y., Li, W., & Tan, R. (2021).** *Document Image Denoising and Illumination Correction with Deep Neural Networks.*

memperoleh hasil optimal sebelum memunculkan hasil evaluasi.

arXiv:2106.15286. Available at: <https://arxiv.org/abs/2106.15286>.

DAFTAR PUSTAKA

- Fang, H., Feng, Y., Wang, W., & Zhou, W.** (2021). *DocTr: Document Image Transformer for Geometric Unwarping and Illumination Correction*. arXiv:2110.12942. Available at: <https://arxiv.org/abs/2110.12942>.
- Kumar, S.** (2025). *Optimization of Image Deblurring with Advanced Neural Networks*. *Procedia Computer Science*, 228, 1350–1360. Available at: <https://www.sciencedirect.com/article/pii/S1877050925027383>.
- Li, J., & Zhao, X.** (2022). *Deep Contrast Enhancement via Transformer Networks*. arXiv:2201.10700. Available at: <https://arxiv.org/abs/2201.10700>.
- Pratama, R., & Sari, D.** (2022). *Image Enhancement and Implementation of CLAHE Algorithm and Bilinear Interpolation*. ResearchGate. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/365495345>.
- Siregar, R. H., & Andriani, R.** (2023). *Peningkatan Kualitas Citra dengan Metode CLAHE untuk Dokumen Berwarna*. *Jurnal Kesatria*. Available at: <https://tunasbangsa.ac.id/pkm/index.php/kesatria/article/download/447/442>.
- Sugiharto, A., & Kusumaningrum, R.** (2025). *Enhanced Automatic License Plate Detection and Recognition Using CLAHE and YOLOv11*. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 15(1), 20271–20278. Available at: <https://www.etasr.com/index.php/ETASR/article/view/9629>.
- Tavares, R. A.** (2024). *Comparison of Image Preprocessing Techniques for Vehicle License Plate Recognition Using OCR*. arXiv:2410.13622. Available at: <https://arxiv.org/abs/2410.13622>.
- Wang, X., Xie, L., Dong, C., & Shan, Y.** (2021). *Real-ESRGAN: Training Real-World Blind Super-Resolution With Pure Synthetic Data*. ICCV Workshops. Available at: https://openaccess.thecvf.com/content/ICCV2021W/AIM/papers/Wang_Real-ESRGAN_Training_Real-World_Blind_Super-Resolution_With_Pure_Synthetic_Data_ICCVW_2021_paper.pdf.
- Yulianto, B., & Putra, I.** (2024). *Implementasi Preprocessing Citra untuk OCR Menggunakan Filtering dan Thresholding Adaptif*. *JAIC Polibatam*. Available at: <https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC/article/view/5562>.
- Zangana, H. M., Mustafa, F. M., & Mohammed, A. K.** (2024). *Enhancing Image Quality With Deep Learning: Techniques and Applications*. *ELTIKOM Journal*. Available at: <https://eltikom.poliban.ac.id/index.php/eltikom/article/view/1242>.
- Zhang, K., Ren, W., Luo, W., Lai, W. S., Stenger, B., Yang, M. H., & Li, H.** (2022). *Deep Image Deblurring: A Survey*. *International Journal of Computer Vision*, 130, 1–28. Available at: https://www.researchgate.net/publication/361540644_Deep_Image_Deblurring_A_Survey.