

## Analisis Efektivitas Median Filter Pada Peningkatan Kualitas Citra Hasil Scan Dengan Metrik MSE DAN PSNR

Wahyu Fatkurrohman<sup>1\*</sup>, Risky Aswi Ramadhani<sup>2</sup>, Ratih Kumalasari Niswatin<sup>3</sup>

Universitas Nusantara PGRI Kediri<sup>1,2,3</sup>

[wahyufatkurrohman18@gmail.com](mailto:wahyufatkurrohman18@gmail.com)<sup>1</sup>, [riskyaswiramadhani@gmail.com](mailto:riskyaswiramadhani@gmail.com)<sup>2</sup>,

[ratih.workmail@gmail.com](mailto:ratih.workmail@gmail.com)<sup>3</sup>

*\*Corresponding author*

### Abstrak

Penurunan kualitas citra digital pada dokumen hasil pemindaian disebabkan oleh noise seperti salt-and-pepper, gaussian, dan derau periodik. Penelitian ini mengevaluasi efektivitas Median Filter dalam meningkatkan kualitas citra dokumen CamScanner menggunakan metrik MSE dan PSNR. Metodologi menggunakan 16 citra berwarna dengan variasi pencahayaan (terang/redup), lampu kilat (ya/tidak), jenis konten (teks/gambar), dan filter aplikasi (original/Warna Ajaib). Filtering menggunakan kernel Median Filter  $3 \times 3$  di MATLAB R2023b. Evaluasi dilakukan dengan menghitung MSE dan PSNR antara citra asli dan hasil filtering. Hasil menunjukkan Median Filter berhasil meningkatkan kualitas seluruh citra dengan PSNR 32,18-51,24 dB (rata-rata  $42,67 \pm 5,23$  dB), semua di atas threshold 30 dB. MSE berkisar 0,49-39,39 (rata-rata  $10,15 \pm 12,48$ ). Pencahayaan terang menghasilkan PSNR rata-rata 44,18 dB, pencahayaan redup 41,16 dB. Citra gambar menunjukkan performa lebih baik dengan PSNR rata-rata 45,12 dB dibandingkan citra teks 40,22 dB. Median Filter terbukti efektif mengurangi noise sambil mempertahankan detail penting, layak diimplementasikan untuk peningkatan kualitas dokumen digital hasil pemindaian.

**Kata Kunci** : Median Filter, Image Quality Enhancement, PSNR, MSE, CamScanner.

### A. PENDAHULUAN

Era digitalisasi dokumen telah mengubah cara kita mengelola dan menyimpan informasi, dimana aplikasi mobile scanner seperti CamScanner menjadi solusi praktis untuk mengkonversi dokumen fisik menjadi format digital. Namun, kualitas citra dokumen hasil pemindaian seringkali mengalami degradasi akibat berbagai faktor seperti kondisi pencahayaan yang tidak optimal, pergerakan kamera, dan karakteristik lingkungan sekitar yang menimbulkan berbagai jenis noise (Yasir dkk., 2023). Permasalahan ini sangat krusial karena dapat mengganggu keterbacaan dokumen dan mempengaruhi akurasi proses optical character recognition (OCR) pada tahap selanjutnya (Tribuana dkk., 2024).

Noise pada citra digital dokumen hasil pemindaian umumnya berupa salt-and-pepper noise, gaussian noise, dan derau periodik yang dapat muncul akibat ketidaksempurnaan sensor kamera smartphone, kondisi pencahayaan yang buruk, atau adanya gangguan elektromagnetik selama proses akuisisi (Sajati, 2018). Salt-and-pepper noise khususnya sering ditemukan pada dokumen hasil scan yang muncul sebagai titik-titik hitam dan putih acak yang dapat menurunkan kualitas visual dan mengganggu interpretasi konten dokumen (Gunadi, 2019). Kondisi pencahayaan yang bervariasi, baik terang maupun redup, serta penggunaan lampu kilat turut mempengaruhi tingkat noise yang dihasilkan pada citra dokumen (Filian dkk., 2024).

Median filter telah terbukti sebagai salah satu metode paling efektif untuk mengurangi noise impulsif sambil mempertahankan detail tepi pada citra digital (Gede dkk., 2020). Keunggulan utama median filter terletak pada sifat non-linearitasnya yang mampu menghilangkan outlier tanpa mengaburkan fitur-fitur penting dalam citra, berbeda dengan filter linear yang cenderung menghasilkan efek blurring (Qur'ana, 2018). Implementasi kernel  $3 \times 3$  pada median filter memberikan keseimbangan optimal antara efektivitas penghilangan noise dan preservasi detail citra, sehingga sangat cocok untuk aplikasi enhancement dokumen digital (Listyalina, 2016).

Evaluasi objektif kualitas citra hasil filtering memerlukan metrik yang dapat mengukur tingkat kemiripan antara citra asli dan citra hasil pemrosesan. Mean Squared Error (MSE) dan Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) merupakan parameter standar yang widely accepted dalam penelitian image processing untuk menilai kualitas citra digital (R. C. Gonzalez and R. E. Woods, 2018). PSNR dengan nilai di atas 30 dB umumnya dianggap sebagai indikator kualitas citra yang dapat diterima, sementara

nilai MSE yang rendah menunjukkan tingkat distorsi yang minimal antara citra asli dan citra hasil pemrosesan.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa karakteristik konten dokumen, baik berupa teks maupun gambar, mempengaruhi efektivitas proses filtering. Dokumen teks umumnya memiliki karakteristik high-contrast dengan background yang relatif homogen, sedangkan dokumen gambar memiliki variasi intensitas pixel yang lebih kompleks. Perbedaan karakteristik ini berimplikasi pada performa algoritma filtering dan memerlukan analisis yang komprehensif untuk memahami efektivitas median filter pada berbagai jenis konten dokumen.

Berdasarkan gaps dalam penelitian terdahulu yang sebagian besar fokus pada citra umum, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi secara mendalam efektivitas metode median filter dalam meningkatkan kualitas citra dokumen hasil pemindaian aplikasi CamScanner. Evaluasi dilakukan menggunakan parameter MSE dan PSNR dengan mempertimbangkan variasi kondisi pencahayaan, penggunaan flash, jenis konten, dan filter aplikasi untuk memberikan pemahaman komprehensif tentang performa median filter pada konteks digitalisasi dokumen praktis.

## B. LANDASAN TEORI

Pada bagian landasan teori ini berisikan berbagai landasan ataupun dasar yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

### 1. Median Filter

Nilai median adalah nilai di posisi tengah dari urutan yang telah diatur. Asumsikan bahwa nilai piksel jendela dimasukkan ke dalam array bernama  $x$ , sehingga elemen-elemennya adalah  $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$  dan berubah menjadi  $x_{i1} \leq x_{i2} \leq x_{i3} \leq x_{i4} \dots \leq x_{in}$  setelah mengurutkannya dalam urutan menurun, setelah itu nilai mediannya adalah  $x_{i(n-1)/2}$ . Ada banyak teknik untuk mendapatkan angka median dari sebuah array; beberapa di antaranya bergantung pada pengurutan elemen-elemen array terlebih dahulu kemudian memilih elemen di posisi tengah, dan yang lainnya dilakukan tanpa pengurutan. Teknik berbasis pengurutan lebih populer daripada teknik yang termasuk dalam kategori lainnya. Oleh karena itu, literatur mencakup banyak implementasi filter median menggunakan algoritma sorting yang berbeda seperti bubble, insertion, selection, quick, heap, shell, merge, dan timsort (Jmaa dkk., 2019).

Dalam implementasi ini, efektivitas filter median ini sebagian besar bergantung pada kecepatan dan efisiensi teknik sorting yang diadopsi. Namun, bahkan dengan teknik sorting efisiensi tinggi, ada pemborosan dalam perangkat keras yang digunakan dan waktu komputasi di mana pengurutan semua elemen sebenarnya tidak diperlukan. Selain itu, beberapa teknik pengurutan, yaitu pengurutan gabungan dan pengurutan gabungan ganjil-genap, membatasi panjang array menjadi pangkat 2 yang berarti menambahkan array jendela dengan beberapa nol (atau beberapa nilai lain), dan setelah menerapkan algoritma pengurutan, nol yang ditambahkan tersebut harus dihilangkan (Robert Sedgewick, 2002).

Oleh karena itu, dalam kasus jendela  $3 \times 3$ , harus ada tujuh elemen yang ditambahkan untuk memenuhi kondisi ini yang mencakup overhead yang tidak diinginkan dalam memori yang digunakan, perangkat keras yang diperlukan, dan waktu pemrosesan. Oleh karena itu, teknik ini tidak cocok untuk menjadi dasar filter median. Jadi, ada kebutuhan untuk mendapatkan median tanpa mengurutkan seluruh array. Oleh karena itu, teknik lain dengan konsepsi yang berbeda telah muncul, yang tidak mengurutkan array secara keseluruhan. Teknik-teknik ini dibagi menjadi algoritma pemilihan cepat dan algoritma median dari median menurut ide utama pemikirannya.

### 2. MSE (Mean Squared Error)

MSE adalah penaksir yang paling umum untuk metrik pengukuran kualitas gambar. Ini adalah metrik referensi lengkap dan nilai yang mendekati nol adalah yang terbaik. Ini adalah momen kedua dari kesalahan. Varians penaksir dan biasanya keduanya digabungkan dengan kesalahan kuadrat rata-rata. MSE adalah varians penaksir dalam kasus penaksir yang tidak bias. Ini memiliki satuan pengukuran yang sama dengan kuadrat kuantitas yang dihitung seperti varians (Søgaard dkk., 2016).

Mean Squared Error (MSE) antara dua gambar seperti  $g(x, y)$  dan  $\hat{g}(x, y)$  didefinisikan sebagai berikut (Sara dkk., 2019):

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{n=0}^m \sum_{m=0}^N [g(m, n) - (\hat{g}(n, m))]^2 \dots \dots \dots (1)$$

Dari Persamaan diatas dapat dilihat bahwa MSE merupakan representasi dari kesalahan absolut.

### 3. PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)

Seperangkat PSNR digunakan untuk menghitung rasio antara daya sinyal maksimum yang mungkin dan daya derau yang mendistorsi yang memengaruhi kualitas representasinya. Rasio antara dua gambar ini dihitung dalam bentuk desibel. PSNR biasanya dihitung sebagai suku logaritma skala desibel karena sinyal memiliki rentang dinamis yang sangat lebar. Rentang dinamis ini bervariasi antara nilai terbesar dan terkecil yang mungkin yang dapat diubah oleh kualitasnya. Rasio sinyal terhadap derau puncak adalah teknik penilaian kualitas yang paling umum digunakan untuk mengukur kualitas rekonstruksi codec kompresi gambar yang lossy. Sinyal dianggap sebagai data asli dan derau adalah kesalahan yang dihasilkan oleh kompresi atau distorsi.

PSNR adalah perkiraan persepsi manusia terhadap kualitas rekonstruksi dibandingkan dengan codec kompresi. Dalam penurunan kualitas kompresi gambar dan video, nilai PSNR bervariasi dari 30 hingga 50 dB untuk representasi data 8-bit dan dari 60 hingga 80 dB untuk data 16-bit. Dalam transmisi nirkabel, kisaran kehilangan kualitas yang diterima adalah sekitar 20 - 25 dB (Sara dkk., 2019). PSNR dinyatakan sebagai:

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

Di sini, peakval (Nilai Puncak) adalah nilai maksimal dalam data gambar. Jika merupakan tipe data integer 8-bit yang tidak bertanda, peakval adalah 255 (Deshpande dkk., 2018). Dari Persamaan diatas, kita dapat melihat bahwa itu adalah representasi kesalahan absolut dalam dB.

## C. METODE PENELITIAN

### 1. Tahapan Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian, dilakukan serangkaian tahapan penelitian yang sistematis dan terstruktur. Setiap tahapan dirancang untuk memberikan hasil evaluasi yang komprehensif terhadap efektivitas median filter dalam meningkatkan kualitas citra dokumen. Alur tahapan penelitian secara lengkap disajikan dalam flowchart pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Flowchart

2. Persiapan data

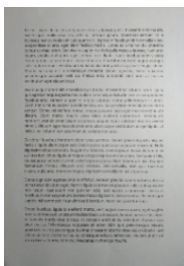
Era Data yang digunakan adalah 16 citra hasil export dari pemindaian Camscanner dengan kondisi citra yang berbeda-beda, seperti berikut:

*Tabel 1. Data Kondisi Citra*

Data Citra	DATA KONDISI CITRA			
	Jenis Citra	Cahaya	Lampu Kilat	Filter
Citra 1	Citra Teks	Terang	ya	original
Citra 2	Citra Teks	Terang	ya	Warna Ajaib
Citra 3	Citra Teks	Terang	tidak	original
Citra 4	Citra Teks	Terang	tidak	Warna Ajaib
Citra 5	Citra teks	Redup	ya	original
Citra 6	Citra teks	Redup	ya	Warna Ajaib
Citra 7	Citra teks	Redup	tidak	original
Citra 8	Citra teks	Redup	tidak	Warna Ajaib
Citra 9	Citra Gambar	Terang	ya	original
Citra 10	Citra Gambar	Terang	ya	Warna Ajaib
Citra 11	Citra Gambar	Terang	tidak	original
Citra 12	Citra Gambar	Terang	tidak	Warna Ajaib
Citra 13	Citra Gambar	Redup	ya	original
Citra 14	Citra Gambar	Redup	ya	Warna Ajaib
Citra 15	Citra Gambar	Redup	tidak	original
Citra 16	Citra Gambar	Redup	tidak	Warna Ajaib

**D. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam menganalisis hasil perbaikan citra menggunakan metode median filter penulis menggunakan empat uji coba pengujian. Uji coba pertama dan kedua menggunakan data Citra teks. Uji Coba Pertama menggunakan cahaya terang sedangkan uji coba kedua menggunakan cahaya redup. Uji coba ketiga dan keempat menggunakan data citra gambar. Uji coba ketiga dengan menggunakan cahaya terang, sedangkan uji coba keempat dengan cahaya redup.



Gambar 2. Citra 1



Gambar 3. Citra 2



Gambar 4. Hasil Citra 1



Gambar 5. Hasil Citra 2

*Tabel 2. Hasil Uji Coba Pertama*

Data Citra	Hasil Uji Coba Pertama	
	Nilai MSE	Nilai PNSR (db)
Citra 1	0,7438	49,4165
Citra 2	8,5652	38,8034
Citra 3	2,8352	43,6050
Citra 4	13,2741	36,9008

Hasil uji coba pertama peningkatan kualitas citra menggunakan median filter dengan metrik MSE dan PNSR menghasilkan nilai MSE terendah 0,7438 dan nilai MSE tertinggi 13,2741. Sedangkan nilai PNSR terendah adalah 36,9008 db dan Nilai PNSR tertinggi adalah 49,4165 db. hasil uji coba pertama dapat dilihat pada tabel 2.

*Tabel 3. Hasil Uji Coba Kedua*

Data Citra	Hasil Uji Coba Kedua	
	Nilai MSE	Nilai PNSR (db)
Citra 5	1,2609	47,1239
Citra 6	12,7479	37,0764
Citra 7	7,2805	39,5092
Citra 8	39,3875	32,1772

Hasil uji coba kedua peningkatan kualitas citra menggunakan median filter dengan metrik MSE dan PNSR menghasilkan nilai MSE terendah 1,2609 dan nilai MSE tertinggi 39,387. Sedangkan nilai PNSR terendah adalah 32,1772 db dan Nilai PNSR tertinggi adalah 47,1239 db. hasil uji coba kedua dapat dilihat pada tabel 3.



*Gambar 6. Citra 9*



*Gambar 7. Citra 10*



*Gambar 8. Hasil Citra 9*



*Gambar 9. Hasil Citra 10*

*Tabel 4. Hasil Uji Coba Ketiga*

Data Citra	Hasil Uji Coba Ketiga	
	Nilai MSE	Nilai PNSR (db)
Citra 9	0,4884	51,2428
Citra 10	2,8807	43,5358
Citra 11	1,5760	46,1551
Citra 12	7,3495	39,4682

Hasil uji coba ketiga peningkatan kualitas citra menggunakan median filter dengan metrik MSE dan PNSR menghasilkan nilai MSE terendah 0,4884 dan nilai MSE tertinggi 39,387. Sedangkan nilai PNSR terendah adalah 32,1772 db dan Nilai PNSR tertinggi adalah 47,1239 db. hasil uji coba ketiga dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 5. Hasil Uji Coba Keempat

Data Citra	Hasil Uji Coba Keempat	
	Nilai MSE	Nilai PNSR (db)
Citra 13	0,8766	48,7028
Citra 14	5,3677	40,8330
Citra 15	5,4684	40,7522
Citra 16	34,0102	32,8147

Hasil uji coba keempat peningkatan kualitas citra menggunakan median filter dengan metrik MSE dan PNSR menghasilkan nilai MSE terendah 0,8766 dan nilai MSE tertinggi 48,7028. Sedangkan nilai PNSR terendah adalah 32,8147 db dan Nilai PNSR tertinggi adalah 48,7028 db. Pada uji coba keempat nilai seluruh data menghasilkan nilai diatas 30 db. hasil uji coba keempat dapat dilihat pada tabel 5.

Analisis berdasarkan kondisi pencahayaan menunjukkan bahwa citra dengan pencahayaan terang menghasilkan PSNR rata-rata 44,18 dB, sedangkan citra dengan pencahayaan redup menghasilkan PSNR rata-rata 41,16 dB. Citra gambar menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan citra teks dengan PSNR rata-rata 45,12 dB berbanding 40,22 dB.

## E. KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap 16 citra berwarna hasil ekspor dari aplikasi CamScanner menggunakan metode Median Filter dengan evaluasi metrik MSE dan PSNR, dapat disimpulkan bahwa penerapan Median Filter terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas citra hasil pemindaian. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode Median Filter mampu mengurangi noise secara signifikan dengan mempertahankan detail penting pada citra, yang dibuktikan melalui analisis kuantitatif menggunakan parameter MSE dan PSNR.

Dari aspek MSE, penelitian ini menghasilkan nilai MSE yang bervariasi antara 0,4884 hingga 39,3875, dimana nilai MSE yang lebih rendah menunjukkan tingkat kesalahan yang lebih kecil antara citra asli dan citra hasil pemrosesan. Citra dengan kondisi pencahayaan yang optimal dan penggunaan lampu kilat cenderung menghasilkan nilai MSE yang lebih rendah dan PSNR yang lebih tinggi, mengindikasikan bahwa kualitas citra input mempengaruhi efektivitas proses filtering.

Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan sistem pemrosesan citra digital untuk aplikasi dokumen hasil pemindaian. Metode Median Filter dengan matriks 3x3 yang diimplementasikan menggunakan MATLAB terbukti mampu memperbaiki kualitas citra secara konsisten pada berbagai kondisi pencahayaan dan jenis filter yang berbeda. Hasil penelitian ini dapat diaplikasikan untuk pengembangan sistem otomatis perbaikan citra dokumen yang dapat meningkatkan keterbacaan dan kualitas visual dokumen hasil pemindaian digital, sehingga mendukung efisiensi dalam proses digitalisasi dokumen dan arsip digital.

Temuan ini menunjukkan bahwa implementasi Median Filter layak untuk diterapkan sebagai solusi praktis dalam sistem pemrosesan citra dokumen, dengan potensi pengembangan lebih lanjut untuk optimasi parameter filter sesuai dengan karakteristik spesifik citra input dan kondisi akuisisi yang berbeda

### 2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan untuk mengembangkan penelitian lanjutan yang mengeksplorasi optimasi parameter Median Filter dengan variasi ukuran kernel (5x5, 7x7, atau adaptif) serta mengintegrasikan metode hybrid filtering yang mengkombinasikan Median Filter dengan teknik filtering lainnya seperti Gaussian Filter atau Bilateral Filter. Penelitian selanjutnya juga perlu mengimplementasikan algoritma adaptif yang dapat menyesuaikan parameter filtering secara otomatis berdasarkan karakteristik citra input, tingkat noise, jenis konten, dan kondisi pencahayaan untuk memperoleh hasil optimal pada setiap kondisi spesifik.

Untuk validasi yang lebih komprehensif, penelitian lanjutan sebaiknya menggunakan dataset yang lebih besar dan beragam, mencakup berbagai jenis dokumen seperti handwriting, printed text, dan grafik kompleks dengan kondisi scanning yang lebih bervariasi. Selain itu, disarankan untuk mengintegrasikan evaluasi subjektif melalui user study dan mengembangkan metrik evaluasi khusus dokumen seperti contrast enhancement ratio dan edge preservation index yang lebih relevan untuk aplikasi document enhancement.

Dari aspek implementasi praktis, penelitian ini dapat dikembangkan menjadi aplikasi real-time processing untuk mobile scanning, integrasi dengan sistem OCR untuk meningkatkan akurasi pengenalan teks, serta eksplorasi teknologi machine learning seperti CNN untuk document denoising yang dapat belajar dari karakteristik noise spesifik pada dokumen hasil scanning. Pengembangan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang digitalisasi dokumen dan arsip digital yang lebih efektif dan efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- Deshpande, R. G., Raha, L. L., & Sharma, S. K. (2018). Video quality assessment through PSNR estimation for different compression standards. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 11(3), 918–924. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v11.i3.pp918-924>
- Filian, A., Istianto, B., & Putra Kusuma, G. (2024). *Image Enhancement using Convolutional Neural Network for Low Light Face Detection* (Vol. 5, Nomor 1).
- Gede, I., Gunadi, A., Wicaksana, I. G. A., Dwija, M. R., Putra, I. P. A. S., Putra, P. P., Studi, P., & Komputer, I. (2020). Pengurangan Noise Pada Citra Digital Menggunakan Filter Aritmatik Mean, Harmonik Mean, Gaussian, Max, Min, Dan Median Dengan Membandingkan Psnr. *Jurnal Ilmu Komputer Indonesia (JIK)*, 5(2).
- Gunadi, I. G. A. (2019). ANALISIS PERBANDINGAN METODE FILTER MEAN, MEDIAN, MAXIMUM, MINIMUM, DAN GAUSSIAN TERHADAP REDUKSI NOISE GAUSSIAN, SALT&PAPPER, SPECKLE, POISSON, DAN LOCALVAR. *Jurnal Ilmiah SINUS*, 17(1), 15. <https://doi.org/10.30646/sinus.v17i1.392>
- Jmaa, Y. Ben, Atitallah, R. Ben, Duvivier, D., & Jemaa, M. Ben. (2019). A comparative study of sorting algorithms with FPGA acceleration by high level synthesis. *Computacion y Sistemas*, 23(1), 213–230. <https://doi.org/10.13053/CyS-23-1-2999>
- Listyalina, L. (2016). *PENENTUAN KOMBINASI KERNEL TERBAIK MENGGUNAKAN MEDIAN FILTER*. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol22.iss3.art8>
- Qur'ana, T. W. (2018). *PERBAIKAN CITRA MENGGUNAKAN MEDIAN FILTER UNTUK MENINGKATKAN AKURASI PADA KLASIFIKASI MOTIF SASIRANGAN*. <https://doi.org/10.31602/tji.v9i4.1543>
- R. C. Gonzalez and R. E. Woods. (2018). *Digital Image Processing* (4th ed.).
- Robert Sedgewick. (2002). *Algorithms in Java*.
- Sajati, H. (2018). *ANALISIS KUALITAS PERBAIKAN CITRA MENGGUNAKAN METODE MEDIAN FILTER DENGAN PENYELEKSIAN NILAI PIXEL*.
- Sara, U., Akter, M., & Uddin, M. S. (2019). Image Quality Assessment through FSIM, SSIM, MSE and PSNR— A Comparative Study. *Journal of Computer and Communications*, 07(03), 8–18. <https://doi.org/10.4236/jcc.2019.73002>
- Søgaard, J., Krasula, L., Shahid, M., Temel, D., Brunnström, K., & Razaak, M. (2016). Applicability of existing objective metrics of perceptual quality for adaptive video streaming. *IS and T International Symposium on Electronic Imaging Science and Technology*. <https://doi.org/10.2352/ISSN.2470-1173.2016.13.IQSP-206>
- Tribuana, D., Hazriani, & Arda, A. L. (2024). Image Preprocessing Approaches Toward Better Learning Performance with CNN. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.29207/resti.v8i1.5417>
- Yasir, A., Satria, W., & Yuanda, P. (t.t.). *DIGITAL IMAGE PROCESSING METODE MEDIAN FILTERING DAN MORFOLOGI OPENING DALAM REDUKSI NOISE CITRA* (Vol. 17). <https://doi.org/10.46576/wdw.v17i4.3821>