

Perbandingan Metode Reduksi Noise pada Citra Digital Berbasis *Website*

Dea Salsabilla^{1*}, Retno Wahyusari²

^{1,2}Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe

*email: deasalsabilla06@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.31603/komtika.v9i2.14966>

Received: 06-10-2025, Revised: 07-11- 2025, Accepted: 10-11-2025

ABSTRACT

Digital images play a crucial role in conveying visual information, but their quality often suffers from noise. This study examines three main noise types: salt and pepper, gaussian, and speckle, which are reduced using three filter methods: median, Gaussian, and bilateral. Each filter is tested by applying each filter to a test image contaminated with various noise types to evaluate its performance based on Mean Squared Error (MSE) and Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR). The results show that the median filter consistently provides the best performance for all three noise types, with the lowest MSE of 7.007 and the highest PSNR of 39.675 dB for salt and pepper noise, an MSE of 72.046 and a PSNR of 29.554 dB for gaussian noise, and an MSE of 60.917 and a PSNR of 30.283 dB for speckle noise. Meanwhile, the gaussian and bilateral filters yield relatively close results, but do not surpass the performance of the median filter. Combining multiple filters does not always significantly improve image quality. Thus, it can be concluded that the median filter is the most effective noise reduction method in general in maintaining the quality of digital images against various types of noise.

Keywords: Noise Reduction, Digital Image, Median Filter, MSE, PSNR.

ABSTRAK

Citra digital memiliki peran penting dalam penyampaian informasi visual, namun kualitasnya sering menurun akibat gangguan berupa *noise*. Penelitian ini membahas tiga jenis *noise* utama, yaitu *salt and pepper*, *gaussian*, dan *speckle*, yang direduksi menggunakan tiga metode *filter*, yaitu *median*, *gaussian*, dan *bilateral*. Pengujian dilakukan dengan menerapkan setiap *filter* terhadap citra uji yang terkontaminasi berbagai jenis *noise* untuk mengevaluasi performa berdasarkan nilai *Mean Squared Error* (MSE) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR). Hasil menunjukkan bahwa *filter median* secara konsisten memberikan performa terbaik pada ketiga jenis *noise*, dengan nilai MSE terendah sebesar 7,007 dan PSNR tertinggi 39,675 dB pada noise *salt and pepper*, MSE 72,046 dan PSNR 29,554 dB pada noise *gaussian*, serta MSE 60,917 dan PSNR 30,283 dB pada noise *speckle*. Sementara itu, *filter gaussian* dan *bilateral* menghasilkan nilai yang relatif dekat, namun tidak melampaui performa *filter median*. Kombinasi beberapa *filter* juga tidak selalu meningkatkan kualitas citra secara signifikan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *filter median* merupakan metode reduksi *noise* paling efektif secara umum dalam mempertahankan kualitas citra digital terhadap berbagai jenis *noise*.

Keywords: Reduksi Noise, Citra Digital, *Filter Median*, MSE, PSNR.

PENDAHULUAN

Citra digital memiliki peran yang krusial dalam menyajikan informasi visual serta banyak dimanfaatkan pada berbagai aplikasi, antara lain deteksi, pengenalan, dan segmentasi [1], [2]. Akan tetapi, kualitas citra kerap menurun akibat gangguan berupa *noise*. Gangguan ini dapat muncul karena faktor teknis seperti jarak pengambilan yang terlalu jauh, pencahayaan yang tidak memadai, maupun keterbatasan perangkat kamera [3], [4]. Kehadiran *noise* menyebabkan citra kehilangan ketajaman sehingga memengaruhi akurasi berbagai tahapan pengolahan, terutama pada proses segmentasi [5]. Dengan demikian, reduksi *noise*

menjadi langkah esensial untuk memperoleh kualitas citra yang lebih baik dan hasil pengolahan yang lebih optimal.

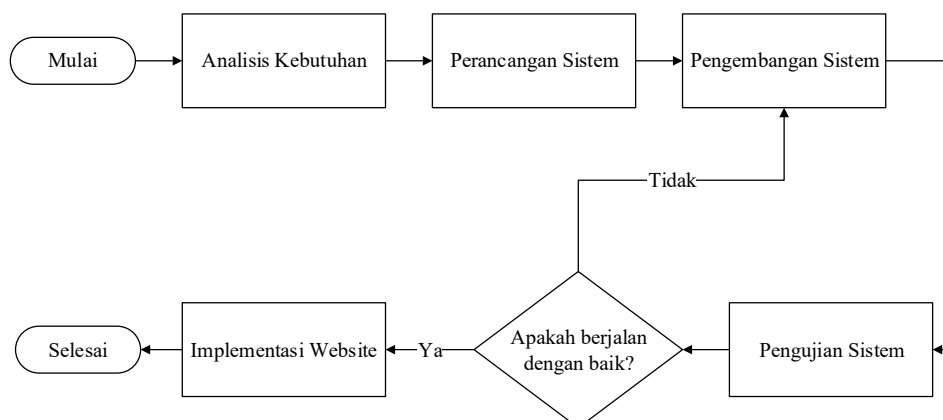
Beragam teknik telah dikembangkan dalam reduksi *noise* pada citra, namun penelitian ini difokuskan pada tiga metode utama, yaitu *Median Filter*, *Gaussian Filter*, dan *Bilateral Filter*. *Median Filter* banyak dimanfaatkan dalam mereduksi *noise* acak, sedangkan *Gaussian Filter* berfungsi menghaluskan citra yang terpengaruh oleh *noise gaussian* melalui pembobotan kernel. Sementara itu, *Bilateral Filter* memiliki keunggulan karena mampu mengurangi *noise* sekaligus mempertahankan detail tepi citra, sehingga efektif digunakan pada kondisi *noise* campuran [6], [7], [8].

Evaluasi kualitas hasil perbaikan citra dilakukan dengan dua metrik, yakni *Mean Squared Error (MSE)* dan *Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)*. Pemilihan kedua metrik ini didasarkan pada kesederhanaannya, efisiensi dalam komputasi, serta kemampuannya memberikan ukuran kuantitatif yang objektif terhadap kualitas hasil reduksi *noise* [9].

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji perbandingan berbagai *filter* dalam reduksi *noise*. Muharram dkk., misalnya, melakukan perbandingan antara *Arithmetic Mean Filter* dan *Median Filter*, sedangkan Dermawan dkk. menerapkan *Bilateral Filter* pada beberapa jenis *noise* [6], [10]. Penelitian lain oleh Lima dkk. juga membandingkan kinerja *Mean Filter*, *Median Filter*, serta *Contra-Harmonic Mean Filter* [11]. Meskipun demikian, kajian yang secara khusus menilai efektivitas *Median*, *Gaussian*, dan *Bilateral Filter*, baik secara individual maupun dalam bentuk kombinasi, terhadap berbagai jenis *noise* masih terbatas. Berdasarkan celah penelitian tersebut, studi ini bertujuan mengevaluasi ketiga metode tersebut dengan menggunakan indikator MSE dan PSNR guna menentukan teknik yang paling optimal dalam mereduksi *noise* pada citra digital.

METODE

Pada penelitian ini terdapat lima tahapan yang dilakukan yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan sistem, pengujian sistem, dan implementasi website. Semua tahapan tersebut disajikan pada diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan analisis kebutuhan berupa pemilihan dataset citra digital dari *Kaggle*, bahasa pemrograman *Python* dengan *framework Django*, serta library *OpenCV* (CV2) untuk implementasi metode reduksi *noise*. Selain itu, pada tahap ini juga ditentukan

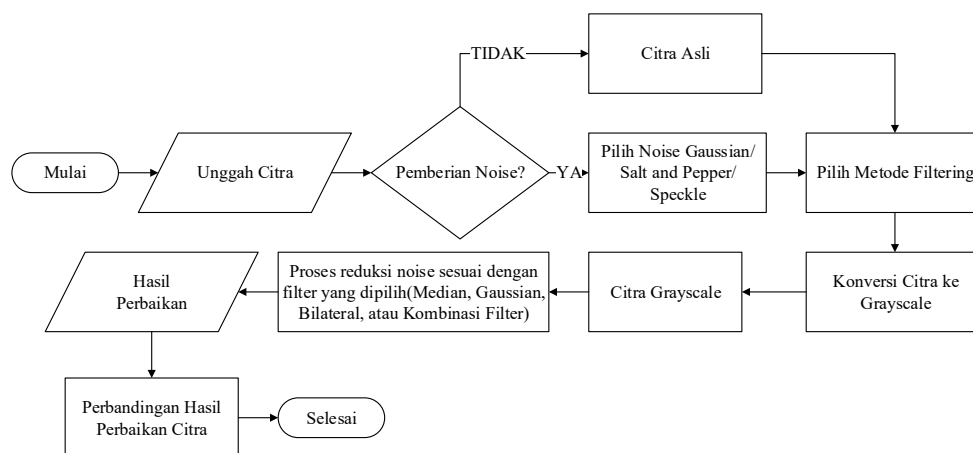
metrik evaluasi yang digunakan, yaitu *Mean Squared Error* (MSE) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR).

Tahap selanjutnya adalah perancangan sistem, yang dilakukan melalui pembuatan diagram *use case*, *activity*, *sequence*, dan *class*, serta perancangan antarmuka (*user interface*) untuk menggambarkan proses kerja sistem secara keseluruhan. Berikutnya dilakukan pengembangan sistem, yaitu proses pengkodean tampilan dan implementasi fitur reduksi *noise* baik secara individu maupun kombinasi menggunakan tiga metode filter: *Median Filter*, *Gaussian Filter*, dan *Bilateral Filter*. Pada tahap ini juga diterapkan proses konversi otomatis dari citra RGB ke *grayscale* sebelum dilakukan filtering, agar hasil perhitungan MSE dan PSNR menjadi lebih konsisten.

Tahap berikutnya adalah pengujian sistem, yang dilakukan dengan dua pendekatan. Pertama, *blackbox testing* untuk memastikan semua fungsi berjalan dengan baik. Kedua, pengujian performa metode reduksi *noise* sebanyak 240 kali percobaan, yang terdiri dari 20 citra wajah dengan 3 jenis *noise* (*salt and pepper*, *Gaussian*, dan *speckle*) serta 3 jenis filter dan kombinasi ketiganya. Hasil dari setiap percobaan digunakan untuk menghitung dan membandingkan nilai MSE dan PSNR.

Tahap akhir yaitu implementasi sistem, berupa proses *hosting website* reduksi *noise* agar dapat diakses secara *online* oleh pengguna. Melalui *website* ini, pengguna dapat mengunggah citra, menambahkan *noise*, memilih metode *filter* yang diinginkan, serta melihat hasil reduksi *noise* beserta nilai MSE dan PSNR-nya secara langsung. Dengan mengikuti kelima tahapan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem berbasis *web* yang tidak hanya mampu mereduksi *noise* pada citra digital, tetapi juga memberikan kemudahan bagi pengguna dalam membandingkan efektivitas setiap metode *filter* secara interaktif.

Selain alur penelitian, penelitian ini juga memiliki alur penggunaan sistem yang menggambarkan interaksi pengguna dengan *website* reduksi *noise*. Alur tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Alur Sistem Reduksi *Noise*

Alur penggunaan *website* dimulai dengan pengguna mengunggah citra, kemudian memilih apakah citra tersebut sudah memiliki *noise* atau perlu ditambahkan *noise* sintesis (*gaussian*, *salt and pepper*, atau *speckle*). Citra selanjutnya dikonversi ke *grayscale* dan diproses menggunakan metode *filtering*, baik satu *filter* (*median*, *gaussian*, *bilateral*) maupun

kombinasi beberapa *filter* sesuai urutan yang ditentukan pengguna. Hasil perbaikan citra kemudian ditampilkan bersama nilai MSE dan PSNR, yang selanjutnya dapat digunakan untuk membandingkan efektivitas metode reduksi *noise*.

Citra yang digunakan dalam penelitian ini berformat RGB (*Red, Green, Blue*) dan diperoleh dari dataset citra wajah yang tersedia di *Kaggle*. Pada saat pengguna mengunggah citra ke dalam sistem, citra tersebut secara otomatis dikonversi menjadi *grayscale* sebelum dilakukan proses penambahan *noise* maupun *filtering*. Proses konversi ini dilakukan untuk menyederhanakan tahap perhitungan serta menjaga konsistensi dalam evaluasi kualitas citra, karena metrik *Mean Squared Error* (MSE) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) lebih umum diterapkan pada citra dalam skala abu-abu.

Dengan demikian, walaupun citra awal memiliki tiga kanal warna (R, G, dan B), seluruh proses reduksi *noise* menggunakan tiga metode *filter* *Median Filter*, *Gaussian Filter*, dan *Bilateral Filter* dilakukan pada citra *grayscale* hasil konversi otomatis yang dihasilkan oleh sistem. Hasil reduksi kemudian dibandingkan dengan citra asli (*grayscale*) untuk menghitung nilai MSE dan PSNR, sehingga evaluasi kinerja setiap *filter* dapat dilakukan secara objektif dan terukur.

Median Filter merupakan metode penyaringan nonlinier yang berfungsi untuk menghilangkan *noise* dengan mengganti nilai piksel pusat menggunakan nilai median dari piksel-piksel di sekitarnya dalam suatu jendela tertentu. *Filter* ini sangat efektif untuk mereduksi *salt and pepper noise* karena mampu mempertahankan tepi (*edge*) citra tanpa mengaburkan detail penting. Misalnya jika A=4, B=6, C=7, D=1, dan E=9 maka *filter median* akan menemukan nilai tengah dari semua data yang diurutkan dari yang terkecil hingga yang terbesar, yaitu 1,4,6,7,9. Nilai median berdasarkan contoh tersebut adalah 6. *Filter* ini bekerja dengan cara mengurutkan nilai *pixel* tetangga terlebih dahulu kemudian nilai tengahnya dipilih [12]. Rumus *median filter* disajikan pada persamaan 1 [13].

$$f(x, y) = \text{median} \{g(s, t)\} \\ (s, t) \in S_{xy}$$

Dengan $F(x, y)$: Hasil *Median Filter*, $\{g(s, t)\}$ adalah Sub-image S_{xy} dan S_{xy} adalah *window* daerah yang diliputi *filter*. *Filter* ini bekerja dengan mengurutkan nilai piksel tetangga terlebih dahulu, kemudian memilih nilai tengahnya sebagai nilai baru piksel pusat. Karena median *filter* tidak bergantung pada nilai rata-rata, maka keberadaan piksel ekstrem akibat *noise* tidak terlalu memengaruhi hasilnya. Hal ini menjadikan *median filter* lebih tangguh dibandingkan metode linier seperti *mean filter* dalam menangani *noise* yang bersifat impulsif.

Gaussian Filter merupakan salah satu metode *smoothing linier* yang digunakan untuk mengurangi *noise* pada citra digital dengan memberikan efek perataan (*blurring*) yang lembut pada sisi-sisi gambar [3]. *Filter* ini bekerja dengan menghitung rata-rata tertimbang dari piksel-piksel di sekitar titik pusat, di mana piksel yang posisinya lebih dekat memiliki bobot lebih besar dibandingkan piksel yang lebih jauh. Rumus *Gaussian Filter* tersaji pada persamaan 2.

$$G(i, j) = c \cdot e^{-\frac{(i-u)^2 + (j-v)^2}{2\sigma^2}}$$

Dimana:

$G(i, j)$ = nilai elemen kernel gaussian pada posisi (i, j)

c = konstanta normalisasi

u, v = indeks pusat kernel

σ = simpangan baku (standard deviation) yang mengontrol lebar sebaran gaussian

Bilateral filter adalah *filter nonlinear* yang mengutamakan koefisien *filter* dengan intensitas relatif dari *pixel* pada gambar. *Filter* ini pertama kali diperkenalkan oleh Tomasi dan merupakan pengembangan dari gagasan *Gaussian* yang mengutamakan koefisien *filter* dengan intensitas relatif dari *pixel* pada gambar [14]. Secara matematis, komponen pembobotan berdasarkan perbedaan intensitas (range kernel) didefinisikan pada persamaan 3:

$$r(ai) = e^{\frac{[f(a_1) - f(a_0)]}{2\sigma^2}}$$

Keterangan:

$r(ai)$ = Elemen matriks kernel

e = konstanta

a = Indeks tengah dari matriks kernel

σ = standar deviasi

Mean Squared Error merupakan metrik yang digunakan untuk mengukur rata-rata kesalahan kuadrat antara citra asli dengan citra hasil pemrosesan. Nilai MSE yang lebih rendah menunjukkan bahwa citra hasil pemrosesan semakin mendekati citra asli, sementara nilai yang lebih tinggi menunjukkan bahwa jauh dari citra asli. MSE memberikan penekanan lebih besar pada kesalahan besar daripada kesalahan kecil [15]. Nilai MSE yang lebih rendah menunjukkan kualitas citra yang lebih baik. Pada citra 8-bit, nilai MSE di bawah 100 masih dapat dianggap baik dan semakin mendekati 0 maka kualitas citra hasil rekonstruksi semakin mirip dengan citra aslinya [16].

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) adalah metrik yang mengukur rasio antara energi sinyal maksimum terhadap energi kesalahan (*noise*) dalam desibel (dB). PSNR memiliki kegunaan untuk mengukur seberapa baik gambar atau citra hasil pemrosesan dibandingkan dengan aslinya. Nilai PSNR yang lebih tinggi menunjukkan kualitas gambar lebih baik. Pada aplikasi citra digital, PSNR merupakan pengukuran berbasis logaritma yang sering digunakan dalam evaluasi visual karena memberikan pemahaman tentang perbandingan antara intensitas sinyal dengan *noise* [15]. Nilai PSNR yang baik biasanya berkisar antara 20 dB dan 40 dB, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan kualitas citra yang lebih baik [17].

Penelitian ini menggunakan 20 citra wajah yang diperoleh dari *dataset* publik di *platform Kaggle*. Setiap citra asli digunakan sebagai dasar dalam proses penambahan *noise* sintetis menggunakan tiga jenis *noise* yang berbeda, yaitu *Salt and Pepper*, *Gaussian*, dan *Speckle noise*. Setelah tahap penambahan *noise*, masing-masing citra *noisy* diproses menggunakan tiga metode *filter*, yaitu *Median Filter*, *Gaussian Filter*, *Bilateral Filter*, dan kombinasi ketiganya, sehingga total keseluruhan pengujian yang dilakukan berjumlah 240 kali percobaan.

Setiap hasil proses *filtering* kemudian dibandingkan dengan citra asli (*grayscale* hasil konversi otomatis) menggunakan dua metrik evaluasi utama, yaitu *Mean Squared Error*

(MSE) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR). Nilai MSE digunakan untuk mengukur besar kesalahan kuadrat rata-rata antara citra hasil reduksi *noise* dengan citra asli, sedangkan PSNR digunakan untuk mengukur rasio kualitas sinyal terhadap *noise* dalam satuan desibel (dB).

Hasil perhitungan kedua metrik tersebut selanjutnya dirata-ratakan untuk menentukan performa terbaik dari masing-masing metode *filter* pada tiap jenis *noise*. Berdasarkan hasil pengujian, *Median Filter* menunjukkan performa paling baik dengan nilai MSE terendah dan PSNR tertinggi dibandingkan dua metode lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tampilan antarmuka yang pertama adalah menu *Home*. Menu *Home* ini adalah tampilan awal yang muncul saat Pengguna mengakses halaman *website* reduksi *noise*. Tampilan menu *Home* disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Tampilan Menu *Home*

Pada Gambar 3 adalah halaman awal yang ditampilkan kepada Pengguna di sistem reduksi *noise* pada citra digital. Pada menu ini disajikan secara singkat kegunaan dari sistem ini serta Pengguna dapat memilih salah satu dari menu yang lainnya pada bagian *navbar*, kemudian Pengguna akan diarahkan ke halaman sesuai dengan yang dipilih. Kemudian terdapat tombol coba sekarang yang apabila diklik akan mengarahkan ke menu utama dari sistem reduksi *noise* yaitu menu *Noise Reduction*. Tampilan menu *Noise Reduction* tersaji pada Gambar 4.

Gambar 4 Tampilan Menu *Noise Reduction*

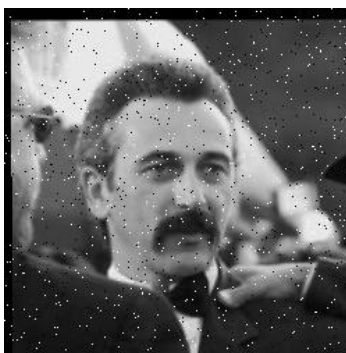
Pada Gambar 4 terdapat dua bagian utama yang ada di menu ini. Bagian yang pertama yaitu *form* reduksi *noise* yang dapat digunakan oleh Pengguna untuk reduksi *noise* pada citra

digital dengan mengisi data-data yang diperlukan. Pada bagian kanan dari *form* reduksi adalah penjelasan *noise* dan *filter* yang dapat digunakan oleh Pengguna untuk mengetahui *noise* dan *filter* yang dapat digunakan pada sistem ini. Selain itu, Pengguna juga dapat mengetahui perbedaan antar *noise* atau *filter* yang tersedia. Hasil reduksi *noise* ditampilkan dalam bentuk *pop up* yang berisi gambar yang mempunyai *noise* dan gambar hasil reduksi *noise* disertai dengan nilai MSE dan PSNR. Sebagai acuan, berikut ditampilkan citra asli yang digunakan sebelum proses penambahan *noise* dan penerapan filter reduksi pada Gambar 5.



Gambar 5 Citra Asli

Gambar 5 menunjukkan citra asli sebelum diberikan penambahan *noise* maupun proses reduksi *noise*. Citra asli ini digunakan sebagai acuan atau *ground truth* dalam penelitian ini untuk menilai kualitas hasil pemrosesan. Dengan adanya citra asli, dapat dihitung nilai MSE dan PSNR dengan cara membandingkan citra hasil reduksi *noise* terhadap citra rujukan ini. Selain itu, citra asli juga berperan penting dalam memberikan gambaran visual mengenai tingkat perbedaan antara citra sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan. Gambar 6 menampilkan contoh citra yang telah ditambahkan *noise* sintesis yang digunakan sebagai data uji untuk melihat bagaimana performa *filter* dalam mereduksi *noise* pada citra.



Gambar 6 Citra Noisy

Gambar 6 memperlihatkan citra yang telah ditambahkan *noise* sebagai bentuk gangguan pada citra asli. Pada contoh ini terlihat titik-titik putih dan hitam yang merupakan karakteristik dari *noise salt and pepper*. Keberadaan *noise* ini menyebabkan detail citra menjadi berkurang, sehingga kualitas visualnya menurun dan sulit untuk diamati secara jelas. Gambar 7 menampilkan hasil citra setelah proses reduksi *noise* yang ditunjukkan bersama nilai MSE dan PSNR sebagai ukuran kinerja perbaikan citra.



Gambar 7 Citra Hasil Reduksi *Noise*

Gambar 7 menunjukkan citra setelah dilakukan proses reduksi *noise* menggunakan metode *filter* yang diuji. Hasil reduksi *noise* terlihat lebih halus dibandingkan citra *noisy*, dengan detail wajah yang kembali lebih jelas. Perbaikan kualitas citra ini juga didukung oleh nilai MSE yang menurun dan PSNR yang meningkat, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses *denoising* berhasil memperbaiki kualitas citra mendekati citra asli.

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi tiga metode *filter* yaitu, yaitu *filter Median*, *Gaussian*, *Bilateral*, dan kombinasi *filter* terhadap tiga jenis *noise* (*Salt and Papper*, *Gaussian*, dan *Speckle Noise*). Penelitian menggunakan 20 citra wajah dari *dataset kaggle* yang dikonversi ke *grayscale* sebelum proses *filtering*. Setiap citra diuji terhadap tiga jenis *noise* dan tiga metode *filter* beserta kombinasi ketiganya, sehingga total pengujian berjumlah 240 kali percobaan.

Evaluasi hasil dilakukan menggunakan metrik *Mean Squared Error* (MSE) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR). MSE mengukur rata-rata kesalahan kuadrat antara citra asli dan hasil reduksi *noise*, sedangkan PSNR menilai kualitas visual berdasarkan rasio sinyal terhadap *noise*. Nilai MSE yang rendah dan PSNR yang tinggi menunjukkan hasil reduksi yang baik. Hasil pengujian lengkap ditunjukkan pada Tabel 1, yang menampilkan hasil terbaik dari masing-masing *filter* untuk setiap jenis *noise*.

Tabel 1 Hasil Pengujian Reduksi <i>Noise</i> Citra Wajah						
Filter	A		B		C	
	MSE	PSNR	MSE	PSNR	MSE	PSNR
M	7,007	39,675	72,046	29,554	60,917	30,283
G	17,888	35,605	81,196	29,035	74,382	29,416
B	22,740	34,562	85,448	28,813	73,389	29,474
K	25,611	34,046	83,922	28,892	88,096	28,681

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa performa setiap *filter* berbeda tergantung pada jenis *noise* yang dikenakan. Pada *noise salt and pepper* (A), *filter median* menunjukkan hasil paling baik dengan nilai MSE terendah sebesar 7,007 dan PSNR tertinggi 39,675 dB. Pada *noise gaussian* (B), *filter median* juga memberikan hasil terbaik dibandingkan *filter* lainnya, yaitu dengan nilai MSE 72,046 dan PSNR 29,554 dB. Sementara pada *noise speckle* (C), *filter median* kembali konsisten menjadi yang terbaik dengan MSE 60,917 dan PSNR 30,283 dB.

Filter gaussian dan *bilateral* masih menghasilkan nilai yang relatif dekat, terutama pada *noise gaussian* dan *speckle*, meskipun kinerjanya tidak melampaui median. Adapun hasil pada

kombinasi *filter* (K) justru tidak selalu lebih baik dibandingkan penggunaan filter tunggal, ditunjukkan dengan nilai PSNR yang cenderung lebih rendah.

Hasil ini menunjukkan bahwa *Median Filter* merupakan metode yang paling efektif dalam mereduksi *noise* pada citra wajah *grayscale*. Keunggulannya terletak pada sifat nonlinier yang tidak terpengaruh oleh nilai piksel ekstrem akibat *noise*, sehingga mampu menjaga detail penting citra dengan baik.

Temuan ini menegaskan bahwa efektivitas *filter* sangat bergantung pada karakteristik *noise*. Tidak ada satu metode yang selalu unggul di semua kondisi. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian Jhonatan Laurensius Tjahjadi dkk. [18], yang menyimpulkan bahwa *filter median* secara konsisten mampu memberikan MSE terendah dan PSNR tertinggi dalam mereduksi *noise*, sehingga dinilai paling efektif dalam mempertahankan kualitas citra setelah proses *denoising*. Dengan demikian, *filter median* dapat dianggap sebagai metode reduksi *noise* yang paling efektif dibandingkan *filter gaussian*, *bilateral*, maupun kombinasi ketiganya dalam menangani *noise salt and pepper*, *gaussian*, maupun *speckle*.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian terhadap 20 citra wajah dengan tiga jenis *noise* (*salt and pepper*, *gaussian*, dan *speckle*) menggunakan tiga metode *filter* (*median*, *gaussian*, dan *bilateral*) serta kombinasinya, diperoleh bahwa *Median Filter* memberikan hasil paling optimal dalam mereduksi *noise* pada citra digital. *Filter* ini menghasilkan nilai MSE terendah dan PSNR tertinggi dibandingkan metode lainnya, menunjukkan kualitas citra hasil perbaikan yang paling mendekati citra asli.

Metode ini masih dapat dikembangkan dengan menguji variasi ukuran kernel, seperti 5×5 atau 7×7 , serta mengombinasikannya dengan pendekatan modern berbasis *deep learning*, seperti BM3D atau *Non-Local Means* (NLM), guna meningkatkan efektivitas reduksi *noise* pada *dataset* yang lebih beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Rosyidin, "Perbaikan Citra Dengan Menggunakan Metode Gaussian Dan Median Filter," 2021.
- [2] A. F. Yana, "Implementasi Pengolahan Citra Digital Pada Penghitungan Anak Burung Puyuh Menerapkan Metode Blob," vol. 1, no. 4, 2020.
- [3] A. Fauzi, "Pengurangan Derau (Noise) pada Citra Paper Dokumen menggunakan Metode Gaussian Filter dan Median Filter," *KAKIFIKOM Kumpul. Artik. Karya Ilm. Fak. Ilmu Komput.*, pp. 7–15, Apr. 2022, doi: 10.54367/kakifikom.v4i1.1871.
- [4] E. Renaldo, M. F. R. Pratama, M. Y. Setiawan, and F. Prasetya, "Operasi Titik pada Pengolahan Citra Digital untuk Peningkatan Kualitas Gambar Menggunakan MATLAB," 2022.
- [5] P. G. Manek, B. Baso, K. Fallo, R. Risald, and H. H. Ullu, "Segmentasi Daun Cendana Berbasis Citra Menggunakan Otsu Thresholding," *J. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 6–10, Feb. 2023, doi: 10.32938/jitu.v3i1.3868.
- [6] A. Dermawan, T. Tommy, and D. Handoko, "Penerapan Bilateral Filtering untuk Peningkatan Kualitas Citra Digital Fokus pada Gaussian, Salt-and-Pepper, dan Speckle Noise," *Algoritma J. Ilmu Komput. Dan Inform.*, vol. 8, no. 2, p. 98, Nov. 2024, doi: 10.30829/algoritma.v8i2.22130.
- [7] S. H. Wibowo and F. Susanto, "Penerapan Metode Gaussian Smoothing untuk Mereduksi Noise pada Citra Digital," *J. Media Infotama*, vol. 12, no. 2, Dec. 2017, doi: 10.37676/jmi.v12i2.416.

- [8] N. Yasmin, S. C. D. Akbar, and A. Ramadhanu, “Pengelolaan Citra Cabai Keriting: Kombinasi Median Filtering dan Algoritma K-Means untuk Pengelompokan Berbasis Fitur,” *J. Educ. Res.*, vol. 5, no. 4, pp. 6031–6040, Dec. 2024, doi: 10.37985/jer.v5i4.1865.
- [9] Y. Al Najjar, “Comparative Analysis of Image Quality Assessment Metrics: MSE, PSNR, SSIM and FSIM,” *Int. J. Sci. Res. IJSR*, vol. 13, no. 3, pp. 110–114, Mar. 2024, doi: 10.21275/SR24302013533.
- [10] L. Muharram, Y. Sumaryana, and R. Hartono, “Analisis Perbandingan Metode Arithmetic Mean Filter dan Median Filter untuk Reduksi Noise pada Citra Digital,” vol. 3, no. 2, 2024.
- [11] R. K. Lima, “Analisis Perbandingan Reduksi Noise Menggunakan Metode Mean, Median dan Contra-Harmonic Mean Filtering pada Citra Grayscale Pola Tenunan Daerah Provinsi Nusa Tenggara Timur,” *J. Elektro Dan Telekomun. Terap.*, vol. 11, no. 1, pp. 9–15, Mar. 2024, doi: 10.25124/jett.v11i1.6827.
- [12] F. Aditiya and R. A. Sandra, “Perbaikan Citra Hasil Kamera Handphone Dengan Metode Median Filter,” 2020.
- [13] T. D. A. R. Putra, Y. F. Riti, and D. Anggelia, “Analisis Perbandingan Algoritma Penghapusan Noise Image Enhancement pada Citra Ultrasonografi,” *J. Ilm. Inform. Komput.*, vol. 28, no. 2, pp. 149–160, 2023, doi: 10.35760/ik.2023.v28i2.8692.
- [14] M. Pramita, “Implementasi Metode Bilateral Filter Untuk Mengurangi Derau Pada Citra Magnetic Resonance Imaging (MRI),” vol. 7, no. 3, 2020.
- [15] M. G. Tatuin, Y. P. K. Kelen, and S. S. Manek, “Pengaruh Ukuran Jendela Ketetanggaan (Window) Terhadap Hasil Reduksi Noise pada Metode Median Filter dan Gaussian Filter,” *J. Krisnadana*, vol. 3, no. 3, pp. 142–154, May 2024, doi: 10.58982/krisnadana.v3i3.601.
- [16] M. V. M. Bere, P. A. Nani, S. D. B. Mau, Y. C. H. Siki, and Y. P. Bria, “Pengukuran Perubahan Kualitas Warna Kain Tenun Malaka Berdasarkan Perbandingan Nilai RGB, MSE dan PSNR,” *KONSTELASI Konvergensi Teknol. Dan Sist. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 184–195, June 2024, doi: 10.24002/konstelasi.v4i1.9215.
- [17] A. Ardiansyah, N. Hardi, and W. Gata, “Identifikasi dan Recovery File JPEG dengan Metode Signature-Based Carving dalam Model Automata,” *Komputika J. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 75–83, Apr. 2020, doi: 10.34010/komputika.v9i1.2733.
- [18] J. Tjahjadi, P. Tanuwijaya, and Y. F. Riti, “Analisis Perbandingan Algoritme Penghapusan Noise pada Citra X-Ray Paru - Paru,” *Pseudocode*, vol. 10, no. 2, pp. 80–89, Sept. 2023, doi: 10.33369/pseudocode.10.2.80-89.

