

Optimalisasi Teknik Reduksi *Noise*: Studi Perbandingan Metode *Filtering* untuk Peningkatan Citra

Ihsan Aulia Rahman¹, Rianggi Silvi Anti Butar-Butar², Taopik Hidayat^{3*}

¹²³ Universitas Nusa Mandiri

Jl. Margonda No.545, Kota Depok, Jawa Barat 16424

15210014@gmail.com¹, 15210018@gmail.com², taopik.toi@nusamandiri.ac.id³

ABSTRACT

Digital image restoration is a critical aspect of image processing, as noise introduced during acquisition, transmission, or compression can degrade visual quality and reduce the accuracy of image information. The main challenge in noise reduction lies in suppressing disturbances without damaging important image details and structural features. This study aims to evaluate the effectiveness of Gaussian Filter, Median Filter, and Mean Filter, both individually and in combination, for noise reduction in digital images. The dataset consists of JPG images with a resolution of 4032×3024 pixels (12 MP), acquired using a smartphone camera and artificially contaminated with noise to simulate real-world conditions. Performance evaluation was conducted using noise standard deviation, Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR), and Structural Similarity Index Measure (SSIM). Experimental results indicate that the combination of the Median Filter and Gaussian Filter achieves the best overall performance, with a noise standard deviation of 88.08, a PSNR of 13.32 dB, and an SSIM of 0.15, demonstrating an optimal balance between noise reduction and structural preservation. The findings confirm that combined filtering approaches are more effective than single filters. Future research is recommended to explore advanced filtering methods such as Bilateral Filter, Wiener Filter, and adaptive filtering techniques under various noise conditions.

Keywords: *Filtering Techniques; Image Restoration; Noise Reduction; PSNR; SSIM*

ABSTRAK

Perbaikan citra digital merupakan aspek penting dalam pemrosesan citra karena *noise* yang muncul selama proses akuisisi, transmisi, atau kompresi dapat menurunkan kualitas visual dan akurasi informasi citra. Permasalahan utama dalam pengurangan *noise* adalah bagaimana menekan gangguan tanpa merusak *detail* dan struktur penting citra. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *Gaussian Filter*, *Median Filter*, dan *Mean Filter*, baik secara tunggal maupun kombinasi, dalam mereduksi *noise* pada citra digital. Data yang digunakan berupa citra berformat JPG beresolusi 4032×3024 piksel (12 MP) yang diakuisisi menggunakan kamera *smartphone* dan ditambahkan *noise* untuk mensimulasikan kondisi nyata. Evaluasi performa dilakukan menggunakan parameter standar deviasi *noise*, *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR), dan *Structural Similarity Index Measure* (SSIM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi *Median Filter* + *Gaussian Filter* memberikan performa terbaik secara keseluruhan dengan nilai standar deviasi *noise* sebesar 88,08, PSNR 13,32 dB, dan SSIM 0,15, yang menunjukkan keseimbangan optimal antara reduksi *noise* dan preservasi struktur citra. Hasil menunjukkan bahwa *filter* kombinasi lebih efektif dibandingkan *filter* tunggal. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi *filter* lanjutan seperti *Bilateral Filter*, *Wiener Filter*, serta pendekatan *filter* adaptif pada berbagai jenis *noise*.

Kata kunci: PSNR; Reduksi Noise; Restorasi Citra; SSIM; Teknik Filtering

I. PENDAHULUAN

Perbaikan citra digital merupakan salah satu aspek krusial dalam bidang pemrosesan citra. Citra digital sering kali mengalami degradasi kualitas akibat adanya *noise* yang muncul selama proses akuisisi, transmisi, atau kompresi [1], [2], [3]. *Noise* ini dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk gangguan elektronis, lingkungan, atau kesalahan pada sensor. Akibatnya, *noise* tidak hanya menurunkan kualitas visual citra, tetapi juga dapat memengaruhi keakuratan informasi yang terkandung di dalamnya. Hal ini menjadi tantangan serius dalam berbagai aplikasi, seperti pencitraan medis, pengawasan keamanan, dan fotografi digital [4].

Citra yang terkena *noise* sering kali menunjukkan masalah seperti hilangnya detail penting, munculnya pola atau butiran acak yang mengganggu, hingga penurunan kontras. Misalnya, dalam pencitraan medis, *noise* dapat mengaburkan detail anatomi yang penting untuk diagnosis [5]. Dalam pengawasan keamanan, *noise* dapat menyulitkan identifikasi objek atau individu [6]. Sementara itu, pada fotografi digital, *noise* dapat mengurangi estetika gambar dan mempersulit proses pengeditan [7]. Oleh karena itu, diperlukan teknik pengurangan *noise* yang efektif untuk memastikan citra tetap dapat digunakan secara optimal dalam berbagai kebutuhan.

Teknik *filter* atau penyaringan merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk mengurangi *noise* pada citra digital [8]. Di antara berbagai teknik *filter* yang tersedia, *Gaussian*, *Median*, dan *Mean Filter* adalah yang paling sering digunakan karena efektivitasnya dalam berbagai situasi [9]. *Gaussian Filter* bekerja dengan menerapkan *filter* berbentuk *Gaussian* pada citra untuk mengurangi *noise* yang menyebar secara normal, menghasilkan citra yang lebih halus dan bebas dari gangguan granular [10]. *Median Filter*, di sisi lain sangat efektif dalam menghilangkan *noise* impulsif tanpa mengaburkan tepi objek, dengan cara

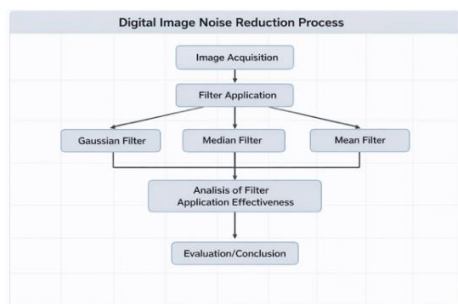
mengganti nilai setiap *pixel* dengan median dari nilai *pixel-pixel* tetangganya [11]. Sedangkan, *Mean Filter* bekerja dengan meratakan intensitas *pixel* berdasarkan rata-rata nilai tetangganya, mengurangi variasi lokal dan menghasilkan citra yang lebih halus [12].

Meskipun masing-masing teknik ini memiliki keunggulan dan kelemahan tersendiri, pemilihan teknik yang tepat sangat tergantung pada jenis *noise* yang ada dan karakteristik citra yang akan diperbaiki. *Gaussian Filter* ideal untuk *noise Gaussian* yang tersebar merata, *Median Filter* unggul dalam mengatasi *noise* impulsif yang ekstrem, sementara *Mean Filter* dapat digunakan sebagai pendekatan dasar untuk perbaikan citra dengan *noise* rendah [13]. Namun demikian, permasalahan lain yang sering muncul adalah sulitnya menilai efektivitas teknik *filter* secara obyektif karena kurangnya parameter evaluasi yang konsisten. Oleh sebab itu, evaluasi kualitas citra hasil *filtering* dengan menggunakan metrik seperti standar deviasi, *Structural Similarity Index Measure (SSIM)*, dan *Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)* menjadi penting. Metrik-metrik ini dapat memberikan gambaran kuantitatif tentang seberapa baik sebuah teknik dapat mengurangi *noise* tanpa merusak detail penting dalam citra [14].

Berdasarkan penelitian terdahulu, peneliti melakukan evaluasi efektivitas penggunaan *filter* untuk memberikan panduan yang lebih baik bagi praktisi dan peneliti dalam memilih teknik *filter* yang tepat untuk mengurangi *noise* pada citra digital. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi performa *Gaussian*, *Median*, dan *Mean Filter* menggunakan parameter standar deviasi, SSIM, dan PSNR. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat membuka jalan bagi pengembangan metode perbaikan citra yang lebih canggih dan adaptif di masa depan.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efektivitas tiga teknik *filter*, yaitu *Gaussian Filter*, *Median Filter*, dan *Mean Filter* dalam mengurangi *noise* pada citra digital. Metodologi penelitian melibatkan beberapa tahapan utama, yaitu akuisisi citra, penerapan *filter*, evaluasi kualitas citra menggunakan parameter standar deviasi, SSIM dan PSNR. Berikut adalah penjelasan setiap tahapan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Metode Penelitian

1. Akuisisi Citra (*Image Acquisition*)

Tahap pertama adalah pengumpulan citra digital yang akan digunakan sebagai data penelitian [15], [16]. Citra diambil menggunakan kamera *smartphone* Xperia 5 (Gambar 2) yang ditambahkan *noise*. *Noise* ini ditambahkan untuk mensimulasikan kondisi nyata di mana gambar mungkin terdegradasi selama proses pengambilan atau transmisi. Adapun karakteristik data citra digital yang digunakan disajikan pada Tabel 1. Karakteristik citra memastikan bahwa gambar memiliki resolusi tinggi dengan *detail* yang cukup untuk analisis lebih lanjut, namun juga rentan terhadap berbagai jenis *noise* yang umumnya muncul dalam kondisi pemotretan standar [17].



Gambar 2. Data Citra Asli

Tabel 1. Karakteristik Citra Digital

Karakteristik	Parameter
Format Gambar	JPG
Resolusi	4032 x 3024 (12 MP)
ISO	200
Aperture	f/1.6
Eksposur	1/20 s

2. Penerapan Filter (*Filter Application*)

Setelah citra dengan *noise* berhasil disiapkan, tiga teknik *filter* diterapkan untuk mengurangi *noise* pada citra tersebut. Adapun *filter* yang digunakan adalah *Gaussian Filter*, *Median Filter* dan *Mean Filter*.

a. *Gaussian Filter*

Gaussian Filter bekerja dengan menghaluskan citra menggunakan kernel berbentuk distribusi *Gaussian*. *Filter* ini dirancang untuk mengurangi *noise* yang tersebar secara normal (*Gaussian noise*), sehingga menghasilkan citra yang lebih halus dan tidak granular [1], [10].

b. *Median Filter*

Median Filter berfungsi dengan mengganti nilai *pixel* tertentu pada citra dengan median dari *pixel-pixel* tetangganya. Teknik ini sangat efektif untuk mengurangi *noise* impulsif, seperti *salt-and-pepper noise*, tanpa terlalu banyak mengaburkan detail tepi objek dalam citra [18].

c. *Mean Filter*

Mean Filter bekerja dengan menghitung rata-rata nilai *pixel* di sekitar tetangganya dan mengganti nilai *pixel* tersebut dengan rata-rata tersebut. Teknik ini membantu mengurangi variasi intensitas lokal pada citra, menghasilkan efek yang lebih halus [18].

3. Analisa Efektifitas Penerapan *Filter*

Setelah penerapan *filter*, langkah berikutnya adalah mengevaluasi kualitas citra yang telah diproses. Evaluasi dilakukan menggunakan tiga parameter utama:

a. Standar Deviasi

Standar deviasi digunakan untuk mengukur seberapa besar variasi intensitas *pixel* dalam citra. Standar deviasi dihitung dengan membandingkan citra asli dan citra hasil *filter* (atau citra *noisy*). Nilai standar deviasi yang lebih kecil setelah pemrosesan menunjukkan bahwa *noise* telah berhasil dikurangi [19].

b. SSIM (*Structural Similarity Index Measure*)

SSIM merupakan metrik yang digunakan untuk mengevaluasi kesamaan struktur antara citra hasil perbaikan dengan citra asli (referensi). SSIM memberikan nilai antara 0 dan 1, di mana nilai 1 menunjukkan kesamaan struktural yang sempurna antara citra asli dan citra hasil *filter*. Semakin mendekati 1, semakin baik kualitas citra tersebut. SSIM tidak hanya mempertimbangkan perbedaan piksel, tetapi juga struktur, luminansi, dan kontras citra, yang lebih mendekati cara manusia memandang kualitas citra [14].

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

PSNR mengukur rasio antara intensitas maksimum pada citra asli dengan tingkat *noise* dalam citra hasil perbaikan. Semakin tinggi nilai PSNR, semakin

baik kualitas citra hasil perbaikan. Nilai PSNR yang lebih tinggi menunjukkan citra hasil *filter* lebih mirip dengan citra asli dan kualitasnya lebih baik. PSNR dihitung dalam satuan desibel (dB), dan nilai yang lebih tinggi (di atas 30 dB) menunjukkan kualitas citra yang sangat baik [14].

4. Evaluasi (*Evaluation*)

Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis untuk menentukan teknik *filter* yang paling efektif dalam meningkatkan kualitas citra berdasarkan parameter evaluasi yang digunakan. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai standar deviasi *noise* pada citra sebelum dan sesudah penerapan berbagai teknik *filtering*, baik secara tunggal maupun kombinasi. Metode *filter* yang diuji meliputi *Gaussian Filter*, *Median Filter*, dan *Mean Filter*, serta kombinasi *Median–Gaussian*, *Median–Mean*, dan *Mean–Gaussian*. Standar deviasi *noise* digunakan sebagai indikator tingkat variasi intensitas citra, di mana nilai standar deviasi yang lebih rendah menunjukkan kemampuan *filter* dalam mereduksi *noise* dan menghasilkan citra yang lebih halus.

Selain itu, evaluasi dilakukan menggunakan parameter PSNR dan SSIM untuk mengukur kualitas citra hasil *filter* dengan membandingkan intensitas maksimum citra asli terhadap *noise* yang tersisa setelah proses *filtering*. Melalui analisis ini, akan diperoleh gambaran yang jelas mengenai kinerja masing-masing *filter*, baik secara individual maupun kombinasi, untuk memberikan panduan dalam memilih teknik yang paling sesuai berdasarkan jenis *noise* dan kebutuhan aplikasi. Adapun parameter analisa yang akan digunakan tersaji pada Tabel 2.

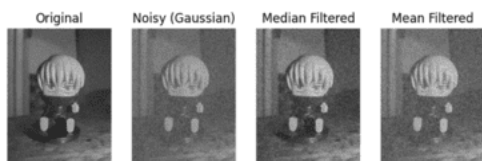
Tabel 2. Parameter Analisa Efektifitas Penerapan *Filter* pada Data Citra

No	Parameter	Nilai
1	Standar Deviasi <i>Noise</i> (Awal)	[Nilai Awal]

No	Parameter	Nilai
2	Standar Deviasi Noise Setelah Median Filter	[Nilai Median Filter]
3	Standar Deviasi Noise Setelah Mean Filter	[Nilai Mean Filter]
4	Standar Deviasi Noise Setelah Median Filter + Gaussian Filter	[Nilai Median Filter + Gaussian Filter]
5	Standar Deviasi Noise Setelah Median Filter + Mean Filter	[Nilai Median Filter + Mean Filter]
6	Standar Deviasi Noise Setelah Mean Filter + Gaussian Filter	[Nilai Mean Filter + Gaussian Filter]
7	PSNR untuk Median Filter	[Nilai PSNR Median Filter]
8	PSNR untuk Mean Filter	[Nilai PSNR Mean Filter]
9	PSNR untuk Median Filter + Gaussian Filter	[Nilai PSNR Median Filter + Gaussian Filter]
10	PSNR untuk Median Filer + Mean Filter	[Nilai PSNR Median Filter + Mean Filter]
11	PSNR untuk Mean Filter + Gaussian Filter	[Nilai PSNR Mean Filter + Gaussian Filter]
12	SSIM untuk Median Filter	[Nilai SSIM Median Filter]
13	SSIM untuk Mean Filter	[Nilai SSIM Mean Filter]
14	SSIM untuk Median Filter + Gaussian Filter	[Nilai SSIM Median Filter + Gaussian Filter]
15	SSIM untuk Median Filter + Mean Filter	[Nilai SSIM Median Filter + Mean Filter]
16	SSIM untuk Mean Filter + Gaussian Filter	[Nilai SSIM Mean Filter + Gaussian Filter]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dilakukan terhadap data citra yang digunakan (Gambar 2), diubah menjadi skala abu-abu dan diterapkan *filter Gaussian Filter, Median Filter* dan *Mean Filter*. Hasil penerapan *filter* ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Data Citra Diterapkan Filter

Dari ketiga metode yang diuji, yaitu

Gaussian Filter, Median Fiter, dan Mean Filter, setiap *filter* menunjukkan kinerja yang berbeda dalam mengurangi *noise* dan mempertahankan kualitas citra asli. *Gaussian Filter* efektif dalam mengurangi *noise* secara signifikan, terutama *noise* yang tersebar normal, namun dapat sedikit mengaburkan detail halus pada citra, terutama jika kernel yang digunakan terlalu besar. Hal ini dapat mempengaruhi ketajaman tepi objek pada citra. *Median Filter* menunjukkan hasil yang paling baik dalam mengurangi *noise* impulsif seperti *salt-and-pepper*, dengan tetap mempertahankan *detail* citra asli lebih baik dibandingkan dengan *Gaussian Filter*. *Filter* ini efektif menghilangkan *noise* tanpa mengaburkan tepi objek, sehingga struktur dan detail citra tetap terjaga. Sedangkan *Mean Filter* cukup efektif dalam mengurangi *noise*, tetapi cenderung menghaluskan citra secara keseluruhan, sehingga beberapa detail halus dan tepi objek menjadi kurang tajam, membuatnya kurang ideal untuk mempertahankan detail penting pada citra. Secara keseluruhan, *Median Filter* adalah yang paling unggul dalam mempertahankan kualitas citra asli tanpa mengorbankan *detail*.

Berdasarkan hasil penerapan *filter* pada citra yang terkontaminasi *noise*, dilakukan analisis lebih lanjut dengan menghitung standar deviasi, PSNR dan SSIM untuk mengevaluasi efektivitas masing-masing *filter*. Berdasarkan hasil perhitungan yang tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Standar Deviasi, PSNR, dan SSIM pada Citra yang Diterapkan Berbagai Filter

Metode Filter	Std. Deviasi Noise	PSNR	SSIM
Noisy Image	109.54	10.96	0.43
Median Filter	87.85	13.06	0.14
Mean Filter	82.47	12.45	0.09

Berdasarkan tabel 3, dapat dilihat bahwa pada *noisy image*, nilai standar deviasi *noise* adalah 109,54 yang menunjukkan tingkat *noise* yang cukup tinggi pada citra tersebut. Setelah penerapan *Median Filter*, standar deviasi *noise* berkurang menjadi 87,85 menunjukkan bahwa *filter* ini berhasil mengurangi *noise*, meskipun masih ada

sedikit *noise* yang tersisa. *Mean Filter* menghasilkan standar deviasi *noise* terendah, yaitu 82,47 yang menunjukkan kemampuan filter ini dalam mengurangi *noise* lebih efektif dibandingkan dengan *Median Filter*.

Namun, meskipun *Mean Filter* memiliki standar deviasi *noise* yang lebih rendah, PSNR dan SSIM untuk *Median Filter* lebih tinggi, yaitu PSNR sebesar 13,06 dan SSIM sebesar 0,14 yang menunjukkan kualitas citra yang lebih baik secara keseluruhan. *Mean filter*, meskipun efektif dalam mengurangi *noise*, memiliki PSNR sebesar 12,45 dan SSIM sebesar 0,09 yang lebih rendah dibandingkan dengan *Median Filter*. Nilai PSNR yang lebih tinggi mengindikasikan citra yang lebih baik dalam hal kualitas, sedangkan nilai SSIM yang lebih tinggi menunjukkan kemiripan yang lebih baik antara citra hasil *filter* dengan citra asli. Secara keseluruhan, meskipun *Mean Filter* memiliki standar deviasi *noise* yang lebih rendah, *Median Filter* memberikan hasil terbaik dalam hal PSNR dan SSIM, menunjukkan kemampuannya dalam mengurangi *noise* sembari mempertahankan kualitas citra yang lebih baik.

Untuk melakukan analisa tambahan, dilakukan penerapan kombinasi *filter*. Hasil dari kombinasi *filter* dapat dilihat pada Gambar 4. Kemudian dilakukan analisa Kembali yang disajikan pada Tabel 4.



Gambar 4. Data Citra Diterapkan *Filter* Kombinasi

Tabel 4. Perbandingan Standar Deviasi, PSNR, dan SSIM pada Citra yang Diterapkan *Filter* Kombinasi

Metode <i>Filter</i>	Std. Deviasi Noise	PSNR	SSIM
<i>Noisy Image</i>	109,54	-	-
<i>Median Filter</i>	87,85	13,06	0,14
<i>Mean Filter</i>	82,47	12,45	0,09
<i>Median Filter + Gaussian Filter</i>	88,08	13,32	0,15
<i>Median Filter + Mean Filter</i>	87,84	13,32	0,13

<i>Mean Filter + Gaussian Filter</i>	82,62	12,56	0,09
--------------------------------------	-------	-------	------

Berdasarkan hasil yang tercatat dalam tabel 4, dapat dilihat bahwa pada gambar *noisy*, nilai standar deviasi *noise* awal adalah 109,54 yang menunjukkan bahwa citra tersebut terkontaminasi dengan *noise* yang cukup tinggi. Setelah penerapan berbagai *filter*, nilai standar deviasi *noise* mengalami penurunan. *Median Filter* mengurangi *noise* dengan standar deviasi 87,85. Sementara *Mean Filter* menghasilkan nilai standar deviasi *noise* terendah, yaitu 82,47. Untuk *filter* kombinasi, *Median Filter + Gaussian Filter* dan *Median Filter + Mean Filter* menunjukkan standar deviasi *noise* yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan *Mean Filter*, yaitu 88,08 dan 87,84 tetapi masih menunjukkan pengurangan *noise* yang signifikan.

Dalam analisis ini, berbagai teknik *filter* diterapkan untuk memperbaiki kualitas citra yang terkontaminasi *noise*, dan kinerjanya dievaluasi berdasarkan standar deviasi *noise*, PSNR, dan SSIM. Hasil menunjukkan bahwa *Mean Filter* memiliki kemampuan terbaik dalam mengurangi *noise*, dengan standar deviasi *noise* terendah (82,47), meskipun PSNR-nya lebih rendah (12,45) dan SSIM-nya juga rendah (0,09), menandakan kualitas citra dan struktur yang kurang terjaga. Kombinasi *Mean Filter + Gaussian Filter* sedikit lebih baik dalam hal PSNR (12,56), meskipun SSIM tetap rendah (0,09). Kombinasi *Median Filter + Mean Filter* dan *Median Filter + Gaussian Filter* memiliki PSNR yang lebih tinggi (13,32) dan SSIM yang lebih baik (0,13 untuk *Median Filter + Mean Filter* dan 0,15 untuk *Median Filter + Gaussian Filter*), menunjukkan bahwa kedua *filter* kombinasi ini lebih efektif dalam mempertahankan struktur citra sambil tetap mengurangi *noise*, meskipun standar deviasi *noise* sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan *Mean Filter*. *Median Filter* sendiri memiliki standar deviasi *noise* yang lebih tinggi (87,85) dan PSNR yang lebih rendah (13,06) dibandingkan dengan *filter* kombinasi. Akhirnya, *noisy image* yang tidak diterapkan

teknik *filter* memiliki standar deviasi *noise* paling tinggi (109,54), dan tidak dihitung PSNR atau SSIM karena digunakan sebagai referensi untuk membandingkan kualitas citra yang telah diterapkan teknik *filter*.

Dalam hal kualitas citra yang diukur menggunakan PSNR dan SSIM, kombinasi *Median Filter* + *Gaussian Filter* dan *Median Filter* + *Mean Filter* menghasilkan nilai PSNR tertinggi, yaitu 13,32 yang menunjukkan peningkatan kualitas citra setelah penerapan *filter*. Nilai SSIM untuk kedua *filter* kombinasi juga lebih tinggi, yaitu 0,15 dan 0,13 jika dibandingkan dengan *filter* lainnya. Meskipun *Mean Filter* menunjukkan standar deviasi *noise* yang paling rendah, PSNR dan SSIM lebih rendah, dengan PSNR sebesar 12,45 dan SSIM sebesar 0,09. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun *filter* ini efektif mengurangi *noise*, kualitas citra yang dihasilkan tidak sebaik *filter* lainnya. Berdasarkan pengukuran standar deviasi, PSNR, dan SSIM, *filter* kombinasi *Median Filter* + *Gaussian Filter* terbukti paling efektif dalam mengurangi *noise* sekaligus mempertahankan kualitas citra yang lebih baik. *Filter* ini menghasilkan standar deviasi *noise* yang lebih rendah dibandingkan *filter* lainnya, serta nilai PSNR dan SSIM yang lebih tinggi. Di urutan kedua, kombinasi *Median Filter* + *Mean Filter* juga menunjukkan hasil yang baik, diikuti oleh *filter* median yang tetap efektif meskipun sedikit lebih rendah dalam hal PSNR dan SSIM. *Mean Filter* dan kombinasi *Mean Filter* + *Gaussian Filter*, meskipun dapat mengurangi *noise*, menghasilkan kualitas citra yang lebih rendah, sementara gambar *noisy* menunjukkan kualitas terburuk. Berdasarkan evaluasi efektivitas penerapan *filter* ini, urutan *filter* yang paling efektif untuk mengurangi *noise* pada citra disusun dalam Tabel 5.

Tabel 5. Urutan Efektifitas Performa *Filter* pada Data Citra

Metode <i>Filter</i>	Std. Deviasi <i>Noise</i>	PSNR	SSIM	Interprestasi
<i>Median</i> + <i>Gaussian</i>	88,08	13,32	0,15	Keseimbangan optimal antara reduksi <i>noise</i> dan preservasi

<i>Median</i> + <i>Mean</i>	87,84	13,32	0,13	struktur citra. Kualitas citra tinggi dengan preservasi struktur sedikit di bawah metode terbaik.
<i>Median Filter</i>	87,85	13,06	0,14	Struktur citra terjaga, namun <i>noise</i> residual masih terlihat.
<i>Mean</i> + <i>Gaussian</i>	82,62	12,56	0,09	<i>Noise</i> berkurang signifikan, tetapi struktur citra kurang terjaga.
<i>Mean Filter</i>	82,47	12,45	0,09	Reduksi <i>noise</i> agresif dengan degradasi kualitas dan detail citra.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa *filter* kombinasi, terutama *Median Filter* + *Gaussian Filter*, terbukti paling efektif dalam mengurangi *noise* dan mempertahankan kualitas citra. *Filter* ini menghasilkan standar deviasi *noise* yang lebih rendah (88,08) serta nilai PSNR (13,32) dan SSIM (0,15) yang lebih tinggi dibandingkan dengan *filter* lainnya. *Median Filter* + *Mean Filter* juga menunjukkan kinerja yang baik, dengan standar deviasi *noise* 87,84, PSNR 13,32, dan SSIM 0,13, meskipun sedikit lebih rendah dari kombinasi *Median Filter* dan *Gaussian Filter*. Sebaliknya, *Mean Filter* meskipun efektif mengurangi *noise*, menghasilkan kualitas citra yang lebih rendah, dengan standar deviasi *noise* 82,47, PSNR 12,45, dan SSIM 0,09. Sementara itu, *noisy image* tanpa *filter* memiliki kualitas citra terburuk dengan standar deviasi *noise* tertinggi (109,54), yang menunjukkan pentingnya penerapan teknik *filter* untuk perbaikan kualitas citra.

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan *filter* lainnya, seperti *Bilateral Filter* atau *Wiener Filter*, yang mungkin dapat menawarkan keseimbangan yang lebih baik antara

pengurangan *noise* dan preservasi detail citra. Selain itu, penelitian dapat difokuskan pada penerapan teknik *filter* pada jenis *noise* yang berbeda, seperti *salt-and-pepper noise* atau *speckle noise*, untuk memahami efektivitas *filter* dalam kondisi *noise* yang beragam. Eksplorasi lebih lanjut tentang *filter* adaptif yang dapat disesuaikan dengan tingkat *noise* di berbagai bagian citra juga akan memberikan kontribusi penting bagi peningkatan kualitas citra dalam aplikasi praktis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Agusti and A. A. Nababan, "Penerapan Metode Harmonic Mean Filter Dalam Mereduksi Gaussian Noise Pada Citra Digital," *Jurnal Nasional Komputasi Dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, vol. 5, no. 3, pp. 565–571, 2022.
- [2] A. Fauzi, "Pengurangan Derau (Noise) pada Citra Paper Dokumen menggunakan Metode Gaussian Filter dan Median Filter," *KAKIFIKOM (Kumpulan Artikel Karya Ilmiah Fakultas Ilmu Komputer)*, pp. 7–15, 2022.
- [3] N. A. Putra and R. Amalia, "Perancangan Aplikasi Perbaikan Citra Digital pada Hasil Screenshot dengan Menggunakan Metode Multiscale Retinex dan Median Filter," *Faktor Exacta*, vol. 15, no. 3, pp. 180–191, 2022.
- [4] M. Ikhsan, S. Supiyandi, and A. W. Hakiki, "ANALISIS PERBANDINGAN METODE HISTOGRAM EQUALIZATION DAN GAUSSIAN FILTER UNTUK PERBAIKAN KUALITAS CITRA," *JOURNAL OF SCIENCE AND SOCIAL RESEARCH*, vol. 7, no. 2, pp. 487–492, 2024.
- [5] N. S. Mamatov, M. M. Jalelova, A. N. Samijonov, and B. N. Samijonov, "Algorithm for improving the quality of mixed noisy images," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2024, p. 12013.
- [6] N. T. Dinh and V. T. Hoang, "Recent advances of Captcha security analysis: a short literature review," *Procedia Comput Sci*, vol. 218, pp. 2550–2562, 2023.
- [7] H. Zhou *et al.*, "Unsupervised reconstruction with a registered time-unsheared image constraint for compressed ultrafast photography," *Opt Express*, vol. 32, no. 9, pp. 16333–16350, 2024.
- [8] H. Shen, Z.-Q. Zhao, and W. Zhang, "Adaptive dynamic filtering network for image denoising," in *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 2023, pp. 2227–2235.
- [9] C. P. H. Siregar, E. T. Syahputri, N. Hasibuan, Y. B. Batubara, T. Widyawanti, and others, "Penerapan Filter Adaptif Untuk Pengurangan Noise Pada Citra Digital," *Journal Of Informatics And Business*, vol. 2, no. 2, pp. 222–226, 2024.
- [10] S. Surono, D. K. E. Arofah, and A. Thobirin, "Robust Convolutional Neural Network for Image Classification with Gaussian Noise," in *Fuzzy Systems and Data Mining IX*, IOS Press, 2023, pp. 67–76.
- [11] A. M. Fathoni, E. Cahyono, N. Ransi, and others, "ANALISIS MEDIAN FILTER TERHADAP REDUKSI NOISE PADA CITRA DIGITAL: MEDIAN FILTER TERHADAP REDUKSI NOISE PADA CITRA DIGITAL," *Jurnal Matematika Komputasi dan Statistika*, vol. 3, no. 3, pp. 491–499, 2023.
- [12] Z. F. Sofyan, "Implementasi Metode Arithmetic Mean Filter Untuk Mereduksi Noise Pada Citra Night Shoot," *Journal Global Technology Computer*, vol. 2, no. 3, pp. 97–101, 2023.
- [13] M. A. Mas'ud, I. H. Santi, and Z. Wulansari, "SISTEM UNTUK MENGHILANGKAN NOISE SALT AND PEPPER DENGAN PYTHON PADA CITRA DIGITAL," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 7, no. 5, pp. 3565–3570, 2023.
- [14] T. Hidayat, "IDENTIFIKASI MORFOLOGI CITRA DAGING MENGGUNAKAN TEKNIK PENGOLAHAN CITRA DIGITAL," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 9, no. 1, pp. 1580–1586, 2025.
- [15] T. Hidayat, D. U. E. Saputri, and F. Aziz, "MEAT IMAGE CLASSIFICATION USING DEEP LEARNING WITH RESNET152V2 ARCHITECTURE," *Jurnal Techno Nusa Mandiri*, vol. 19, no. 2, pp. 131–140, Sep. 2022, doi: 10.33480/techno.v19i2.3932.
- [16] T. Hidayat, N. Khasanah, D. Uki, E. Saputri, U. Khultsum, and R. L. Pratiwi, "Klasifikasi Gambar Palmprint Berbasis Multi-Kelas Menggunakan Convolutional Neural Network".
- [17] Y. Aribah and A. B. W. Putra, "Optimasi Hasil Akuisisi Wajah Dengan Variasi

Proyeksi Menggunakan Kedekatan Pola Jarak Pixel”.

- [18] R. Wibisono and H. Soetanto, “PERBANDINGAN EFEKTIFITAS FILTER MEDIAN, GAUSSIAN DAN MEAN DALAM MENGURANGI NOISE PADA CITRA DIGITAL,” in *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas*

Teknologi Informasi (SENAFTI), 2024, pp. 974–983.

- [19] S. Sugiyono and A. Awaludin, “Pemodelan Pengolahan Citra Klasifikasi Jenis Buah Mangga Menggunakan Metode Backpropagation,” *Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK)*, vol. 4, no. 5, pp. 952–968, 2022.