

Evaluasi Filter Spasial untuk Reduksi Noise dan Deteksi Tepi pada Citra CCTV

Muhammad Arif Rivandi^{1*}, Fawaz Ari Najib², Nabila Afriliani³, Jihan Galuh Putri⁴, Nia Amelia⁵,
Ifrosim Misbah⁶, Tri Anggoro⁷

¹⁻⁷ Informatika, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap

¹⁻⁷ Jl. Kemerdekaan Barat No.17, Gligir, Kesugihan Kidul, Kec. Kesugihan, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah 53274

Email: rivandi.23eo10005@students.unugha.ac.id^{1*}, alfawazari13@gmail.com²,
nanabila2445@gmail.com³, jihan.23eo10034@students.unugha.ac.id⁴,
niaamelia.23eo10035@students.unugha.ac.id⁵, ifrosimmisbahh@gmail.com⁶,
trianggoro1103@unugha.ac.id⁷

Abstract

CCTV images may experience degradation due to noise, reducing the readability of visual information. This study evaluates Gaussian Filter and Median Filter as noise reduction methods and Sobel Operator as an edge detection method; the evaluations are separated because their outputs serve different purposes. The experiment used one CCTV image with a resolution of 1586×992 pixels. Gaussian noise with sigma values of 10, 25, and 50 and salt-and-pepper noise with densities of 0.01, 0.03, and 0.05 were added. Gaussian and Median performance was measured using MSE and PSNR against the reference image before noise addition, whereas Sobel was assessed using edge pixel count and edge density. Gaussian Filter produced higher PSNR than Median Filter in all scenarios. At Gaussian noise sigma 50, Gaussian Filter increased PSNR by 4.75 dB. At salt-and-pepper density 0.05, Gaussian and Median increased PSNR by 3.77 dB and 2.35 dB, respectively. Sobel edge density was 0.0915 on the grayscale image, 0.0878 after Gaussian smoothing, and 0.0571 after Median smoothing. Thus, Gaussian Filter was more stable based on PSNR in this experimental scenario, while Sobel was more appropriately evaluated as an edge detector. The findings are exploratory because the dataset remains limited.

Key Words: CCTV image, edge detection, noise reduction, Sobel Operator, spatial filter.

Abstrak

Citra CCTV dapat mengalami penurunan kualitas visual akibat *noise* sehingga keterbacaan informasi visual berkurang. Penelitian ini mengevaluasi *Gaussian Filter* dan *Median Filter* sebagai metode reduksi *noise* serta Sobel Operator sebagai metode deteksi tepi, evaluasi dipisahkan karena keluaran ketiganya memiliki tujuan berbeda. Eksperimen menggunakan satu citra CCTV beresolusi 1586×992 piksel. *Noise* sintesis ditambahkan berupa *Gaussian noise* dengan sigma 10, 25, dan 50 serta *salt and pepper noise* dengan *density* 0.01, 0.03, dan 0.05. Kinerja Gaussian dan Median diukur menggunakan MSE dan PSNR terhadap citra acuan sebelum penambahan *noise* sintesis, sedangkan Sobel dinilai menggunakan *edge pixel count* dan *edge density*. *Gaussian Filter* menghasilkan PSNR lebih tinggi daripada *Median Filter* pada seluruh skenario eksperimen. Pada Gaussian noise sigma 50, *Gaussian Filter* meningkatkan PSNR sebesar 4.75 dB. Pada *salt and pepper density* 0.05, peningkatan PSNR Gaussian dan Median masing-masing sebesar 3.77 dB dan 2.35 dB. Edge density Sobel adalah 0.0915 pada *grayscale* asli, 0.0878 setelah *Gaussian smoothing*, dan 0.0571 setelah *Median smoothing*. Dengan demikian, *Gaussian Filter* lebih stabil berdasarkan PSNR pada skenario eksperimen ini, sedangkan Sobel lebih tepat dievaluasi sebagai deteksi tepi. Temuan penelitian bersifat eksploratif karena dataset asli masih terbatas.

Kata Kunci: citra CCTV, deteksi tepi, filter spasial, reduksi noise, Sobel Operator.

Pendahuluan

Citra digital dari kamera Closed Circuit Television (CCTV) memiliki peran penting dalam sistem pengawasan, identifikasi objek, dan analisis kejadian visual. Dalam proses akuisisi atau penyimpanan, citra digital dapat mengalami penurunan kualitas visual akibat derau atau noise [1]. Pada citra CCTV, gangguan seperti noise, kontras rendah, dan detail objek yang kurang jelas dapat mengurangi keterbacaan informasi visual. Oleh karena itu, pengolahan citra digital diperlukan untuk membantu meningkatkan keterbacaan informasi visual dan menyiapkan citra agar lebih layak dianalisis pada tahap berikutnya [2], [3].

Filter spasial klasik masih banyak digunakan karena sederhana, mudah diterapkan, dan tersedia dalam berbagai pustaka pengolahan citra seperti OpenCV. Penerapan dan perbandingan Gaussian Filter, Median Filter, Bilateral Filter, serta penggabungan filter untuk reduksi noise telah dilaporkan pada beragam konteks citra [4], [5], [6], [7], [8]. Gaussian Filter umum digunakan untuk penghalusan citra dan reduksi noise acak melalui proses perataan berbobot berbasis distribusi Gaussian [2], [3]. Median Filter umum digunakan untuk mereduksi noise impulsif seperti salt-and-pepper karena bekerja dengan mengganti nilai piksel menggunakan nilai median pada area ketetanggaan [3], [9]. Sementara itu, Sobel Operator digunakan untuk mendeteksi tepi berdasarkan perubahan intensitas piksel pada arah horizontal dan vertical [10], [11]. Kajian deteksi tepi juga mencakup Canny, Prewitt, Laplacian of Gaussian, dan pendekatan deep learning [11], [12], [13], [14]. Ketiga metode utama dalam penelitian ini memiliki fungsi berbeda, sehingga evaluasinya tidak dapat disamakan begitu saja dalam satu kerangka pengukuran kualitas citra.

Dalam praktik evaluasi sederhana, beberapa metode pengolahan citra sering dibandingkan hanya menggunakan Mean Squared Error (MSE) dan Peak Signal to Noise Ratio (PSNR). Metrik tersebut lazim digunakan untuk menilai kedekatan citra hasil restorasi atau denoising terhadap citra acuan [2], [3], [15]. Namun, Sobel Operator menghasilkan peta tepi, bukan citra restorasi. Berdasarkan perbedaan bentuk keluaran tersebut, penggunaan MSE dan PSNR untuk membandingkan Sobel secara langsung dengan metode denoising seperti Gaussian Filter dan Median Filter dapat menimbulkan interpretasi yang kurang tepat. Evaluasi Sobel lebih sesuai dilakukan menggunakan metrik berbasis tepi, misalnya jumlah piksel tepi atau edge density, karena keluaran utamanya adalah informasi struktur dan batas objek.

Berdasarkan kondisi tersebut, masih diperlukan evaluasi yang memisahkan metode reduksi noise dan metode deteksi tepi pada citra CCTV. Pemisahan ini penting agar setiap metode dinilai berdasarkan fungsi keluarannya masing-masing, bukan berdasarkan metrik yang sama untuk tujuan yang berbeda. Selain itu, penelitian komparatif pada citra CCTV perlu menyajikan parameter eksperimen secara eksplisit, termasuk jenis noise sintesis, tingkat gangguan, ukuran kernel filter, serta metrik evaluasi yang digunakan. Dengan noise sintesis yang terkontrol dan metrik yang sesuai, hasil eksperimen dapat dibaca secara lebih hati-hati dan lebih mudah direplikasi.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi Gaussian Filter dan Median Filter sebagai metode reduksi noise pada citra CCTV dengan penambahan noise sintesis Gaussian dan salt-and-pepper. Selain itu, penelitian ini mengevaluasi Sobel Operator sebagai metode deteksi tepi pada beberapa kondisi input, yaitu citra grayscale asli, citra setelah Gaussian smoothing, dan citra setelah Median smoothing. Dengan demikian, penelitian ini tidak menempatkan Sobel sebagai metode denoising, melainkan sebagai bagian dari tahap deteksi tepi dalam alur pengolahan citra.

Kontribusi penelitian ini disusun secara realistis sebagai studi eksperimental aplikatif, bukan sebagai pengusulan algoritma baru. Pertama, penelitian ini tidak mengembangkan metode baru, tetapi mengevaluasi penerapan filter spasial klasik pada citra CCTV. Kedua, penelitian ini menyusun evaluasi eksperimental yang memisahkan fungsi denoising dan edge detection. Ketiga, penelitian ini menyajikan parameter noise, parameter filter, dan metrik evaluasi secara eksplisit agar proses eksperimen lebih transparan. Keempat, penelitian ini memperjelas bahwa Sobel tidak seharusnya dibandingkan langsung dengan Gaussian Filter dan Median Filter menggunakan MSE/PSNR karena tujuan keluarannya

berbeda. Kelima, penelitian ini memberikan dasar pemilihan metode filter sesuai tujuan pengolahan citra CCTV, yaitu reduksi noise atau deteksi tepi.

Metode Penelitian

Desain Penelitian

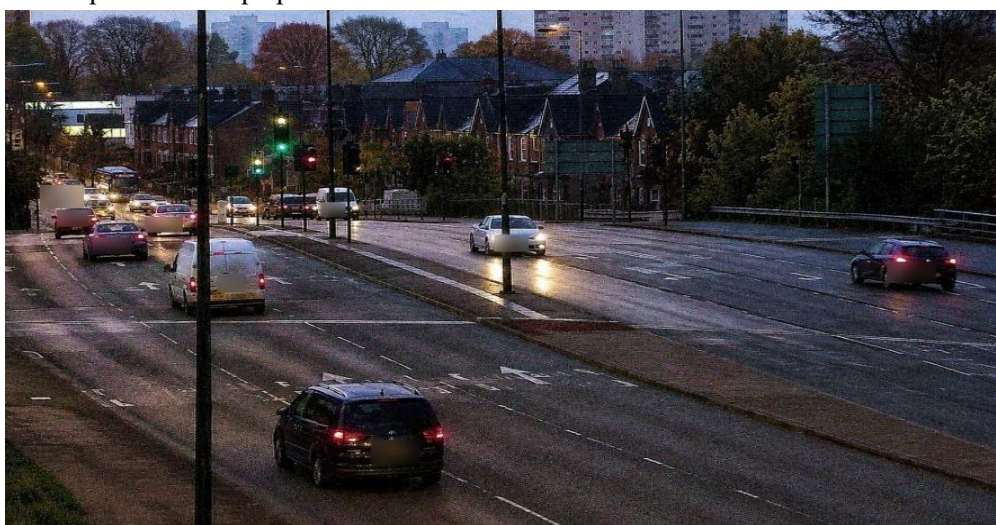
Penelitian ini menggunakan desain eksperimental kuantitatif pada citra digital CCTV. Fokus penelitian adalah mengevaluasi penerapan filter spasial pada citra CCTV, bukan mengusulkan algoritma baru. Evaluasi dilakukan dengan membedakan dua tujuan pengolahan citra. Pertama, Gaussian Filter dan Median Filter digunakan sebagai metode reduksi noise. Kedua, Sobel Operator digunakan sebagai metode deteksi tepi. Pemisahan ini penting karena keluaran Gaussian Filter dan Median Filter masih berupa citra hasil restorasi atau penghalusan, sedangkan keluaran Sobel Operator berupa peta tepi.

Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada pengukuran performa filter secara numerik, bukan pada penilaian kualitatif atau subjektif terhadap hasil citra. Dengan menggunakan metrik yang terukur seperti MSE, PSNR, edge pixel count, dan edge density, hasil eksperimen dapat dibandingkan secara objektif antar level noise dan antar metode filter. Selain itu, desain eksperimen dirancang agar setiap tahapan, mulai dari pembentukan noise sintetis, penerapan filter, hingga perhitungan metrik, dapat direplikasi oleh peneliti lain dengan parameter yang sama. Reprodusibilitas ini penting mengingat penelitian bersifat eksploratif dan menggunakan dataset yang masih terbatas pada satu citra CCTV.

Dataset Citra

Dataset yang digunakan terdiri atas 1 citra asli CCTV dengan nama file *cctv.jpeg*. Citra tersebut berformat JPEG, memiliki resolusi 1586×992 piksel, 3 channel warna RGB, dan tipe data *uint8*. Karakteristik citra menunjukkan suasana CCTV pada kondisi malam atau pencahayaan rendah, sehingga sesuai untuk menguji pengaruh noise dan proses pengolahan citra pada lingkungan visual yang tidak ideal.

Visualisasi dataset ditunjukkan pada Gambar 1. Untuk menjaga privasi pada penyajian artikel, area plat kendaraan diburamkan pada visualisasi, sedangkan citra yang digunakan dalam komputasi eksperimen tetap file asli tanpa perubahan.



Gambar 1. Citra CCTV asli yang digunakan sebagai data acuan eksperimen.

Penggunaan satu citra asli menjadi keterbatasan penelitian karena variasi kondisi objek, kamera,

dan pencahayaan belum mencakup banyak skenario. Oleh karena itu, eksperimen diperluas dengan pembentukan noise sintetis pada citra asli agar kinerja filter dapat diamati pada beberapa tingkat gangguan yang terkontrol.

Pemilihan citra dengan kondisi pencahayaan rendah juga didasari pertimbangan praktis bahwa citra CCTV pada skenario nyata sering direkam pada malam hari atau di area dengan pencahayaan terbatas, sehingga karakteristik derau yang muncul cenderung lebih kompleks dibandingkan citra dengan pencahayaan normal. Dengan kondisi awal citra yang sudah memiliki tingkat kontras rendah, pengujian terhadap penambahan noise sintetis diharapkan dapat menggambarkan tantangan yang lebih mendekati kondisi operasional sistem pengawasan di lapangan, meskipun cakupan variasi skenario tetap terbatas karena hanya menggunakan satu citra acuan.

Pembentukan Noise Sintetis

Noise sintetis dibentuk dalam dua jenis, yaitu Gaussian noise dan salt-and-pepper noise. Gaussian noise diberikan dengan nilai sigma 10, 25, dan 50. Berdasarkan nilai sigma tersebut, variance masing-masing adalah 100, 625, dan 2500. Noise ini merepresentasikan gangguan acak berdistribusi normal pada intensitas piksel.

Salt-and-pepper noise diberikan dengan target density 0.01, 0.03, dan 0.05. Pada implementasi eksperimen, satu piksel yang terkena salt atau pepper diubah pada seluruh channel warna sehingga noise terjadi pada level piksel, bukan hanya pada satu channel. Berdasarkan hasil pembentukan noise, actual density yang diperoleh berturut-turut adalah 0.009976, 0.029917, dan 0.049860. Seluruh proses pembentukan noise menggunakan random seed 42 agar eksperimen dapat direplikasi.

Parameter Filter

Gaussian Filter diterapkan menggunakan ukuran kernel 5×5 dengan sigma 0, sehingga nilai sigma dihitung otomatis oleh OpenCV berdasarkan ukuran kernel. Median Filter diterapkan menggunakan ukuran kernel 5. Kedua filter tersebut diterapkan pada citra noisy untuk mengevaluasi kemampuan reduksi noise.

Sobel Operator diterapkan pada citra grayscale dengan ukuran kernel (*ksize*) 5. Gradien dihitung pada arah horizontal dengan parameter $dx=1$ dan $dy=0$, serta arah vertikal dengan parameter $dx=0$ dan $dy=1$. Selanjutnya, kedua komponen gradien tersebut digabungkan untuk memperoleh gradient magnitude sebagai peta kekuatan tepi.

Metrik Evaluasi

Evaluasi reduksi noise dilakukan menggunakan Mean Squared Error (MSE) dan Peak Signal to Noise Ratio (PSNR). Kedua metrik ini hanya digunakan untuk mengevaluasi Gaussian Filter dan Median Filter sebagai metode reduksi noise. MSE dan PSNR dihitung dengan membandingkan citra hasil filter terhadap citra asli sebagai acuan pembandingan.

Sebelum proses filtering, baseline noisy image dihitung terlebih dahulu dengan membandingkan citra noisy terhadap citra asli. Nilai baseline ini digunakan untuk mengetahui kondisi citra sebelum direduksi noise-nya. Peningkatan PSNR setelah filtering dihitung dengan rumus:

$$\text{improvement_psnr} = \text{PSNR hasil filter} - \text{PSNR citra noisy baseline}$$

Sobel Operator tidak dievaluasi menggunakan MSE dan PSNR karena keluarannya berupa peta tepi, bukan citra restorasi. Oleh karena itu, evaluasi Sobel dilakukan menggunakan edge pixel count dan edge density. Peta tepi diperoleh melalui threshold Otsu pada gradient magnitude Sobel, kemudian jumlah piksel tepi dihitung dan dibagi dengan jumlah seluruh piksel untuk memperoleh edge density.

Lingkungan Eksperimen

Eksperimen dijalankan menggunakan lingkungan komputasi yang dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Lingkungan eksperimen

Komponen	Versi
Python	3.14.5
OpenCV	4.13.0
NumPy	2.4.6
Matplotlib	3.11.0

Alur Eksperimen

Alur eksperimen dalam penelitian ini dilakukan sebagai berikut.

- Membaca citra CCTV asli dari file *data/cctv.jpeg*.
- Membentuk citra noisy menggunakan Gaussian noise dan salt-and-pepper noise pada level yang telah ditentukan.
- Menghitung baseline noisy image terhadap citra asli menggunakan MSE dan PSNR.
- Menerapkan Gaussian Filter dan Median Filter pada setiap citra noisy.
- Menghitung MSE, PSNR, dan improvement PSNR untuk hasil Gaussian Filter dan Median Filter.
- Mengubah citra asli ke grayscale untuk kebutuhan deteksi tepi menggunakan Sobel Operator.
- Menerapkan Sobel Operator pada tiga kondisi input, yaitu grayscale asli, grayscale setelah Gaussian smoothing, dan grayscale setelah Median smoothing.
- Menghitung edge pixel count dan edge density berdasarkan threshold Otsu pada gradient magnitude Sobel.
- Menyimpan seluruh hasil eksperimen dalam bentuk tabel CSV, grafik, dan citra hasil pengolahan.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Dataset dan Noise Sintetis

Penelitian ini menggunakan citra asli CCTV dengan resolusi 1586×992 piksel, 3 channel warna RGB, dan tipe data *uint8*. Citra tersebut digunakan sebagai citra acuan sebelum penambahan noise sintetis dalam evaluasi kuantitatif. Untuk menguji respons metode terhadap gangguan yang terkontrol, citra asli diberi noise sintetis berupa Gaussian noise dan salt-and-pepper noise.

Gaussian noise diberikan pada tiga tingkat, yaitu sigma 10, 25, dan 50, dengan variance masing-masing 100, 625, dan 2500. Salt-and-pepper noise diberikan dengan target density 0.01, 0.03, dan 0.05. Berdasarkan hasil pembentukan noise, actual density yang diperoleh adalah 0.009976, 0.029917, dan 0.049860. Tabel 2 menyajikan baseline citra noisy sebelum proses filtering.

Tabel 2. Baseline citra noisy sebelum proses filtering

Jenis Noise	Level	Parameter	MSE Baseline	PSNR Baseline
Gaussian	10	sigma=10, variance=100	92.23	28.48
Gaussian	25	sigma=25, variance=625	524.53	20.93
Gaussian	50	sigma=50, variance=2500	1805.05	15.57
Salt-and-pepper	0.01	actual density=0.009976	235.84	24.40
Salt-and-pepper	0.03	actual density=0.029917	707.99	19.63
Salt-and-pepper	0.05	actual density=0.049860	1178.68	17.42

Tabel baseline menunjukkan bahwa peningkatan sigma pada Gaussian noise dan peningkatan

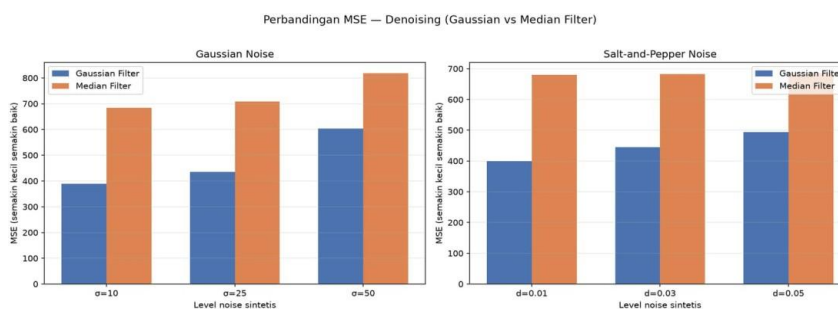
density pada salt-and-pepper noise menyebabkan nilai MSE baseline meningkat, sedangkan nilai PSNR baseline menurun. Pola ini menunjukkan bahwa tingkat gangguan yang lebih tinggi membuat citra noisy semakin berbeda dari citra asli.

Hasil Reduksi Noise Menggunakan Gaussian Filter dan Median Filter

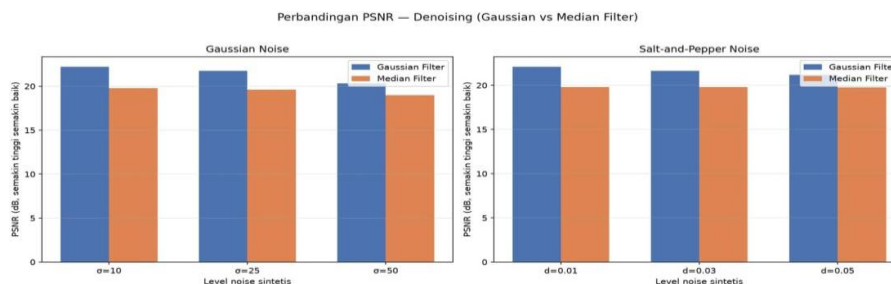
Evaluasi reduksi noise dilakukan dengan membandingkan citra hasil Gaussian Filter dan Median Filter terhadap citra asli sebagai acuan pembandingan. Metrik yang digunakan adalah MSE, PSNR, dan improvement PSNR. Improvement PSNR dihitung dari selisih antara PSNR hasil filter dan PSNR citra noisy baseline. Hasil denoising ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil reduksi noise menggunakan Gaussian Filter dan Median Filter

Jenis Noise	Level	Filter	MSE	PSNR	Improvement PSNR
Gaussian	10	Gaussian Filter	388.74	22.23	-6.25
Gaussian	10	Median Filter	683.41	19.78	-8.70
Gaussian	25	Gaussian Filter	435.72	21.74	0.81
Gaussian	25	Median Filter	708.88	19.63	-1.31
Gaussian	50	Gaussian Filter	604.19	20.32	4.75
Gaussian	50	Median Filter	819.17	19.00	3.43
Salt-and-pepper	0.01	Gaussian Filter	399.50	22.12	-2.29
Salt-and-pepper	0.01	Median Filter	680.17	19.80	-4.60
Salt-and-pepper	0.03	Gaussian Filter	444.21	21.65	2.02
Salt-and-pepper	0.03	Median Filter	682.22	19.79	0.16
Salt-and-pepper	0.05	Gaussian Filter	494.36	21.19	3.77
Salt-and-pepper	0.05	Median Filter	685.89	19.77	2.35



Gambar 2. Grafik perbandingan MSE hasil Gaussian Filter dan Median Filter pada setiap jenis dan level noise.



Gambar 3. Grafik perbandingan PSNR hasil Gaussian Filter dan Median Filter pada setiap jenis dan level noise

Berdasarkan tabel tersebut, Gaussian Filter menghasilkan nilai PSNR lebih tinggi daripada Median Filter pada seluruh skenario eksperimen ini. Visualisasi pada Gambar 2 dan Gambar 3 memperkuat pola pada tabel, yaitu Gaussian Filter menghasilkan MSE lebih rendah dan PSNR lebih tinggi pada skenario eksperimen ini. Pada Gaussian noise dengan sigma 25 dan 50, Gaussian Filter meningkatkan PSNR masing-masing sebesar 0.81 dB dan 4.75 dB dibandingkan baseline noisy image. Peningkatan ini menunjukkan bahwa proses smoothing Gaussian mampu mengurangi gangguan pada tingkat noise sedang hingga tinggi dalam konfigurasi eksperimen yang digunakan.

Pada Gaussian noise sigma 10, improvement PSNR bernilai negatif. Kondisi ini terjadi karena noise yang ditambahkan masih ringan dan citra noisy memiliki PSNR baseline yang relatif tinggi, yaitu 28.48 dB. Ketika proses smoothing dilakukan, sebagian detail citra asli ikut berubah sehingga PSNR hasil filter menjadi lebih rendah daripada baseline noisy image.

Pada salt-and-pepper noise dengan density 0.03 dan 0.05, Gaussian Filter dan Median Filter sama-sama meningkatkan PSNR. Namun, Gaussian Filter tetap menghasilkan PSNR yang lebih tinggi pada konfigurasi kernel 5 yang digunakan. Median Filter tidak dapat disimpulkan sebagai metode yang tidak berguna, karena secara teori filter ini relevan untuk noise impulsif. Akan tetapi, pada citra CCTV, parameter kernel, dan metrik PSNR yang digunakan dalam eksperimen ini, performa Median Filter lebih rendah daripada Gaussian Filter.

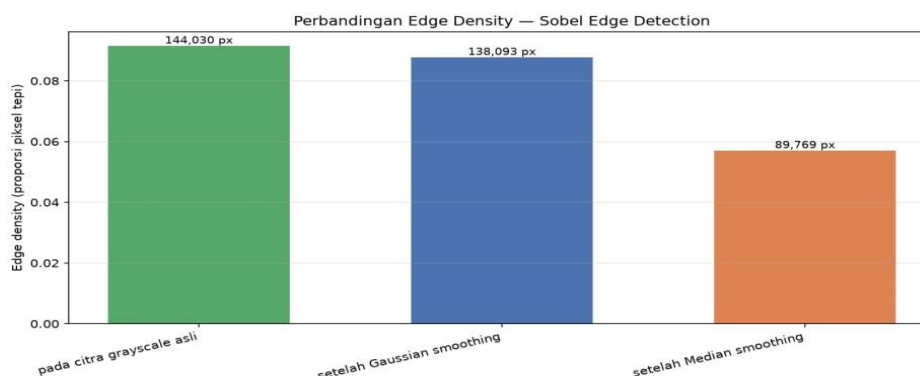
Dengan demikian, hasil ini menunjukkan bahwa Gaussian Filter lebih unggul berdasarkan PSNR pada skenario eksperimen ini. Pernyataan tersebut tidak dimaksudkan sebagai klaim bahwa Gaussian Filter merupakan metode terbaik secara umum, karena kinerja filter dapat berubah bergantung pada karakteristik citra, jenis noise, parameter filter, dan metrik evaluasi yang digunakan.

Analisis Deteksi Tepi Menggunakan Sobel Operator

Sobel Operator dianalisis sebagai metode deteksi tepi, bukan sebagai metode reduksi noise. Oleh karena itu, Sobel tidak dievaluasi menggunakan MSE dan PSNR karena outputnya berupa peta tepi, bukan citra restorasi. Evaluasi Sobel dilakukan menggunakan edge pixel count dan edge density berdasarkan threshold Otsu pada magnitudo gradien. Hasil evaluasi Sobel ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil evaluasi deteksi tepi menggunakan Sobel Operator

Kondisi Input Sobel	Edge Pixel Count	Edge Density
Grayscale asli	144030	0.0915
Setelah Gaussian smoothing	138093	0.0878
Setelah Median smoothing	89769	0.0571



Gambar 4. Grafik edge density Sobel pada citra grayscale asli, setelah Gaussian smoothing, dan setelah Median smoothing

Edge density tertinggi diperoleh pada citra grayscale asli, yaitu 0.0915 dengan 144030 piksel tepi. Nilai ini menunjukkan bahwa lebih banyak piksel terdeteksi sebagai tepi ketika Sobel diterapkan langsung pada citra grayscale tanpa tahap smoothing.

Visualisasi pada Gambar 4 menunjukkan perubahan edge density pada setiap kondisi input Sobel. Setelah Gaussian smoothing, edge density turun sedikit dari 0.0915 menjadi 0.0878. Penurunan ini menunjukkan bahwa sebagian noise atau tepi lemah berkurang, tetapi struktur utama citra masih relatif dipertahankan. Setelah Median smoothing, edge density turun lebih besar menjadi 0.0571. Kondisi ini menunjukkan pengurangan tepi palsu atau noise yang lebih kuat, tetapi juga berpotensi menghilangkan sebagian detail halus pada citra.

Hasil tersebut menegaskan bahwa Sobel lebih tepat digunakan setelah tahap smoothing sebagai bagian dari pipeline pengolahan citra. Sobel tidak seharusnya dibandingkan langsung dengan Gaussian Filter dan Median Filter sebagai metode denoising, karena fungsi dan bentuk keluarannya berbeda.

Implikasi Temuan

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa Gaussian Filter lebih stabil berdasarkan PSNR pada citra CCTV dan parameter eksperimen ini. Hal ini terlihat dari nilai PSNR Gaussian Filter yang lebih tinggi daripada Median Filter pada seluruh level Gaussian noise maupun salt-and-pepper noise yang diuji.

Median Filter tetap relevan untuk noise impulsif, terutama secara konseptual karena mekanisme median mampu menekan nilai piksel ekstrem. Namun, performanya bergantung pada karakteristik citra, tingkat noise, ukuran kernel, dan metrik evaluasi yang digunakan. Pada eksperimen ini, kernel 5 dan evaluasi berbasis PSNR menghasilkan performa Median Filter yang lebih rendah dibandingkan Gaussian Filter.

Sobel Operator berfungsi sebagai deteksi tepi dan lebih tepat dievaluasi dengan metrik berbasis tepi, seperti edge pixel count dan edge density. Pemisahan evaluasi antara denoising dan edge detection memperbaiki kelemahan metodologis pada versi awal manuskrip, yaitu membandingkan Sobel secara langsung dengan Gaussian Filter dan Median Filter menggunakan MSE dan PSNR.

Secara praktis, temuan ini memberikan gambaran bahwa pemilihan metode pengolahan citra CCTV sebaiknya disesuaikan dengan tujuan akhir sistem. Jika tujuan utamanya adalah menghasilkan citra yang lebih bersih untuk keperluan penyimpanan atau penayangan kepada operator, Gaussian Filter dapat menjadi pilihan yang lebih stabil berdasarkan hasil PSNR pada eksperimen ini. Sebaliknya, jika tujuan utamanya adalah mendukung tahap identifikasi objek atau ekstraksi fitur berbasis tepi, maka pemilihan kondisi input sebelum penerapan Sobel Operator perlu mempertimbangkan trade-off antara jumlah tepi yang terdeteksi dan tingkat noise yang tersisa. Dengan demikian, tidak terdapat satu metode tunggal yang secara universal unggul untuk seluruh kebutuhan pengolahan citra CCTV.

Keterbatasan

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, dataset asli yang digunakan hanya terdiri atas satu citra CCTV, sehingga variasi kondisi objek, sudut kamera, cuaca, dan pencahayaan belum terwakili secara luas. Kedua, noise sintetis yang digunakan belum sepenuhnya mewakili seluruh gangguan nyata pada kamera CCTV, seperti kompresi video, blur gerak, pantulan cahaya, dan gangguan sensor yang kompleks.

Ketiga, parameter filter masih terbatas pada satu konfigurasi kernel, yaitu kernel 5 untuk Median Filter dan kernel 5×5 untuk Gaussian Filter. Perubahan ukuran kernel dapat memengaruhi keseimbangan antara reduksi noise dan preservasi detail citra. Keempat, penelitian ini belum membandingkan metode modern seperti Bilateral Filter, Non-Local Means, BM3D, atau pendekatan deep learning.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, hasil penelitian ini sebaiknya dipahami sebagai studi eksploratif dan dasar evaluasi awal. Pengujian lanjutan dengan dataset yang lebih besar, parameter yang lebih beragam, dan metode pembandingan yang lebih luas diperlukan untuk memperoleh kesimpulan yang lebih

general.

Sebagai arah pengembangan lebih lanjut, penelitian berikutnya dapat mempertimbangkan pengujian pada beberapa citra CCTV dengan kondisi pencahayaan, sudut pengambilan, dan tingkat keramaian objek yang berbeda-beda, sehingga kesimpulan mengenai stabilitas performa Gaussian Filter dapat diverifikasi pada rentang kondisi yang lebih luas. Selain itu, evaluasi tambahan menggunakan metrik persepsi visual seperti Structural Similarity Index dapat melengkapi pengukuran berbasis MSE dan PSNR, mengingat kedua metrik tersebut tidak selalu selaras dengan penilaian visual manusia terhadap kualitas citra. Pengujian pada variasi ukuran kernel filter serta kombinasi antara metode denoising dan metode deteksi tepi juga berpotensi memberikan wawasan tambahan mengenai konfigurasi pipeline pengolahan citra CCTV yang paling sesuai untuk kebutuhan operasional tertentu.

Kesimpulan

Penelitian ini mengevaluasi Gaussian Filter dan Median Filter sebagai metode reduksi noise, serta Sobel Operator sebagai metode deteksi tepi pada citra CCTV. Evaluasi MSE dan PSNR hanya digunakan untuk Gaussian Filter dan Median Filter karena keduanya menghasilkan citra hasil penghalusan yang dapat dibandingkan dengan citra acuan. Sobel Operator tidak dimasukkan ke dalam evaluasi MSE/PSNR karena keluarannya berupa peta tepi, sehingga lebih tepat dianalisis sebagai metode deteksi tepi.

Berdasarkan hasil eksperimen, Gaussian Filter menghasilkan nilai PSNR lebih tinggi daripada Median Filter pada seluruh skenario eksperimen ini. Pada Gaussian noise sigma 50, Gaussian Filter meningkatkan PSNR sebesar 4.75 dB. Pada salt-and-pepper noise density 0.05, Gaussian Filter meningkatkan PSNR sebesar 3.77 dB, sedangkan Median Filter meningkatkan PSNR sebesar 2.35 dB. Hasil ini tidak menunjukkan bahwa Median Filter gagal, tetapi menunjukkan bahwa performa Median Filter pada citra, parameter kernel, dan metrik PSNR yang digunakan dalam eksperimen ini lebih rendah daripada Gaussian Filter.

Sobel Operator lebih tepat dievaluasi menggunakan edge pixel count dan edge density. Hasil pengujian menunjukkan bahwa edge density Sobel turun dari 0.0915 pada grayscale asli menjadi 0.0878 setelah Gaussian smoothing dan 0.0571 setelah Median smoothing. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa tahap smoothing memengaruhi jumlah piksel yang terdeteksi sebagai tepi. Temuan ini menegaskan pentingnya memisahkan evaluasi denoising dan edge detection agar setiap metode dinilai sesuai fungsi keluarannya.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena dataset asli hanya terdiri atas satu citra CCTV, noise sintetis belum mewakili seluruh kondisi gangguan nyata, dan parameter filter masih terbatas pada satu konfigurasi kernel. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan dataset CCTV yang lebih besar, menguji variasi ukuran kernel, serta membandingkan metode lain seperti Bilateral Filter, Non-Local Means, BM3D, atau pendekatan deep learning agar evaluasi pengolahan citra CCTV menjadi lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

- [1] A. Fauzi, "Pengurangan Derau (Noise) pada Citra Paper Dokumen menggunakan Metode Gaussian Filter dan Median Filter," vol. 04, no. 01, pp. 7–15, 2022.
- [2] D. Zanuvar, E. Prastya, D. P. Pamungkas, and R. K. Niswatin, "Implementasi Metode Gaussian Filter Dan Median Filter Untuk Penghalusan Gambar," pp. 178–187, 2022.
- [3] P. S. Alhirani *et al.*, "Analisis Perbandingan Filter Median dan Gaussian dalam Mengurangi Noise pada Citra Digital," vol. 5, 2025.
- [4] I. G. A. Gunadi, I. G. A. Wicaksana, M. R. Dwija, and I. P. A. S. Putra, "Jurnal Ilmu Komputer Indonesia (JIK) Vol : 5 , No . 2 , November ISSN (Print) : 2615-2703 , ISSN (Online) : 2615-

- 2711 Pengurangan Noise Pada Citra Digital Menggunakan Filter Aritmatik Mean , Harmonik Mean , Gaussian , Max , Min , Dan Jurnal Ilmu Kompu,” no. 2, pp. 34–44, 2020.
- [5] M. R. Khilmawan and A. A. Riadi, “Implementasi pengurangan noise pada citra tulang menggunakan metode median filter dan gaussian filter,” vol. 03, pp. 116–121, 2018.
- [6] V. A. Qonita, K. Ramadhani, D. Febriyanti, M. Hamidah, and A. Fauzal, “Perbandingan Gaussian Blur , Median , Dan Bilateral Filter Untuk Reduksi Noise Citra Digital,” vol. 13, no. 1, 2026.
- [7] D. Salsabilla *et al.*, “Penggabungan Metode Filter Median Dan Filter,” vol. 07, no. 01, pp. 1–9, 2026.
- [8] D. Salsabilla and R. Wahyusari, “Perbandingan Metode Reduksi Noise pada Citra Digital Berbasis Website,” vol. 9, no. 2, pp. 195–204, 2025.
- [9] M. F. Alamsyah, L. S. Harahap, and M. Firjatullah, “Meningkatkan Kualitas Gambar Digital melalui Pengurangan Noise Menggunakan Median Filtering,” vol. 5, no. 1, pp. 96–104, 2025.
- [10] T. Panggabean and N. Ramadhan, “Deteksi Tepi Sederhana Pada Citra Menggunakan Operator Sobel,” vol. 2, no. 3, pp. 43–56, 2024.
- [11] M. S. Moelya, P. S. Ramadhan, and M. G. Suryanata, “Perbandingan Metode Canny , Sobel , Dan Laplacian of Gaussian Dalam Mendeteksi Tepi Citra Objek Bergerak,” vol. 3, pp. 450–460, 2024.
- [12] K. Paru-paru, “Analisis Perbandingan Variasi Filter Pada Deteksi Tepi Menggunakan Metode Canny Terhadap Citra Ct-Scan,” vol. 8, no. 2, pp. 77–81, 2023.
- [13] M. R. Qisthiano and A. O. Pratiwi, “MENGUNAKAN ALGORITMA SOBEL DAN PREWITT,” vol. 13, no. 2, pp. 1115–1122, 2025.
- [14] D. Salunke, B. Dhamankar, S. Chidrawar, R. Kangule, and S. Sondge, “Comparative Analysis of Edge Detection Methods using Deep Learning,” vol. 71, no. 2, pp. 61–70, 2023.
- [15] A. Chairy, N. Arifin, and C. N. Insani, “Analisis Perbandingan Metode Harmonic Mean Filter dan Contraharmonic Mean Filter untuk mengurangi noise pada Citra Digital,” vol. 5, no. 1, pp. 37–46, 2022.