



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 3 Tahun 2025 Page 8071-8085

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

## Reduksi Noise Salt And Pepper Pada Citra Radiografi Neutron Menggunakan Metode Threshold Progressive Switching Median Filter

Umi Khaerunnisa<sup>1✉</sup>

Universitas Pamulang

Email: [dosen02294@unpam.ac.id](mailto:dosen02294@unpam.ac.id)<sup>1✉</sup>

### Abstrak

Filter berbasis median banyak menarik perhatian karena kesederhanaannya dan kemampuannya menjaga tepi citra. Namun karena filter median tipikal diterapkan secara seragam pada citra, filter tersebut cenderung memodifikasi piksel noise dan piksel yang bagus. Filter berbasis median terbaru, Progressive Switching Median Filter (PSMF) yang akan digabungkan dengan threshold merupakan salah satu metode segmentasi citra yang memisahkan antara detail citra dengan noise, diusulkan untuk memulihkan gambar yang rusak oleh noise impuls dan asli. filter yang dibangun menggunakan skema switching dan metode progresif melalui beberapa iterasi atau disebut PSMF, teknik deep learning terkini mampu meningkatkan kualitas citra dalam kondisi cahaya rendah secara signifikan, tanpa mengorbankan struktur atau tekstur penting (Liu & Fan, 2025). Simulasi dilakukan dengan dua tahap, simulasi pertama PSMF akan mereduksi noise salt and pepper dengan citra standar baboon dan lena, simulasi kedua akan dilakukan dengan metode baru yang dikembangkan yaitu threshold digabungkan dengan PSMF yang akan mereduksi noise dengan citra radiografi neutron valve. Dari pengujian PSMF dengan menggunakan citra standar menghasilkan uji kuantitatif gambar hampir mirip dengan citra asli, dan hasil perhitungan kualitatif yang baik, sedangkan untuk hasil uji kuantitatif TPSMF hasil gambar tidak begitu maksimal untuk mereduksi noise asli pada radiografi neutron valve, akan tetapi untuk hasil kualitatif memiliki nilai lebih baik untuk dengan nilai PSNR 21.55, SSIM Index 0.77, MAE 2.57 dan MSE 454.60, SNR 15.43, running time 4.80.

Kata Kunci: *Median Filter, Noise salt & pepper, Threshol Progressive Switching Median Filter (PSMF).*

## Abstract

The median-based filter has attracted a lot of attention because of its simplicity and its ability to preserve the edges of the image. However, because the typical median filter is applied uniformly to the image, it tends to modify noise pixels and good pixels. The latest median-based filter, Progressive Switching Median Filter (PSMF) which will be combined with threshold is one of the image segmentation methods that separates image details from noise, proposed to recover images damaged by impulse and original noise. a filter that is built using a switching scheme and a progressive method through several iterations or called PSMF, recent deep learning techniques have significantly improved image quality under low-light conditions without compromising important structure or texture details (Liu & Fan, 2025). The simulation is carried out in two stages, the first simulation of PSMF will reduce salt and pepper noise with standard baboon and lenna images, the second simulation will be carried out with a new method developed, namely threshold combined with PSMF which will reduce noise with a neutron valve radiographic image. From the PSMF test using standard images, the quantitative test image is almost similar to the original image, and the results of the qualitative calculations are good, while for the TPSMF quantitative test results the image results are not so optimal to reduce the original noise on the neutron valve radiography, but for the qualitative results it has better scores for the PSNR 21.55, SSIM Index 0.77, MAE 2.57 and MSE 454.60, SNR 15.43, running time

*Keyword: Median Filter, Noise salt & pepper, Threshol Progressive Switching Median Filter (PSMF).*

## PENDAHULUAN

Citra digital sering terpengaruh oleh noise impuls akibat faktor seperti lensa kamera yang buruk, posisi yang salah, atau pencahayaan yang kurang. Menghilangkan noise penting dilakukan sebelum pemrosesan lebih lanjut seperti deteksi tepi, segmentasi, dan pengenalan objek. Banyak pendekatan telah diusulkan untuk tujuan ini.

Filter median banyak digunakan karena kesederhanaannya dan kemampuannya menjaga tepi citra. Namun, karena diterapkan seragam di seluruh citra, filter ini dapat memodifikasi piksel baik yang terpengaruh noise maupun yang tidak. Meskipun efisien, filter median dapat menyebabkan hilangnya detail citra halus, karena menggantikan semua piksel bernoise dengan nilai median, tanpa mempertimbangkan kerusakan citra tersebut.

Penelitian ini menggunakan data citra untuk pelatihan, pengujian, dan pengenalan citra, termasuk citra standar (Lenna dan Baboon) dan citra neutron valve. Citra Baboon memiliki varian warna, sedangkan citra Lenna memiliki sedikit varian warna namun dengan region homogenitas yang berbeda. Kedua citra ini berukuran 512x512 piksel dengan ukuran file 769 KB dalam format BMP. Selain itu, citra neutron, yang dihasilkan menggunakan proses neutron dengan atenuasi neutron, juga digunakan. Citra neutron tersebut diberikan threshold dengan intensitas 31, 32, dan 33, dan memiliki ukuran 1024x1024 piksel dengan

file yang berukuran berbeda sesuai dengan threshold, yaitu 661 KB untuk intensitas 31, 595 KB untuk intensitas 32, dan 503 KB untuk intensitas 33 dalam format JPG.

Banyak penelitian tentang pengurangan noise pada citra digital, seperti yang dilakukan oleh Shah et al. (2020). Penelitian ini membandingkan berbagai varian filter median untuk mengatasi noise impuls pada citra grayscale. Hasil simulasi menunjukkan bahwa algoritma seperti IDBA, TSF, TSND, MBDND, dan EMF memberikan nilai PSNR tinggi dan kualitas visual yang baik, terutama pada noise tinggi. Sementara filter median konvensional seperti SMF, WMF, dan AMF lebih efektif pada noise rendah, namun kurang dalam mempertahankan detail tepi. Penulis juga mengusulkan pendekatan klasifikasi piksel tiga keputusan (diterima, ditolak, ditunda) untuk meningkatkan akurasi deteksi noise dan menjaga kualitas citra, serta menyarankan kombinasi dengan algoritma neural dan genetika untuk hasil yang lebih optimal dan mengurangi efek blur.

Fokus pada penelitian ini adalah meningkatkan kualitas citra lenna, baboon dan radiografi dengan menghapus noise salt and pepper dari citra. Noise salt and pepper atau sering disebut dengan darau garam dan lada, merupakan bintik hitam atau putih yang muncul secara acak dan tidak diinginkan pada suatu citra. Salt atau garam mempresentasikan bintik berwarna putih dengan nilai intensitas piksel 255, sedangkan pepper atau lada mempresentasikan bintik berwarna hitam dengan nilai intensitas piksel 0. Noise salt and pepper juga dapat disebut sebagai impuls noise. Noise ini dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu dead pixel, kesalahan konversi analog ke digital, kesalahan transformasi bit dan masih banyak lagi.

Pada penelitian ini akan disampaikan pengembangan filter dengan metode baru, untuk menghapus noise salt and pepper pada citra baboon, lenna dan radiografi. Metode baru ini adalah metode Threshold yang akan digabungkan dengan metode Progressive Switching Median Filter. Thresholding merupakan salah satu metode segmentasi citra yang memisahkan antara detail citra dengan noise. Metode switching untuk membersihkan salt and pepper, merupakan metode yang sangat tepat mengingat citra radiografi neutron merupakan citra gelap dengan karakteristik noise seperti bentuk, ukuran, kerapatan, intensitas, posisi dan distribusi yang acak.

## METODE PENELITIAN

### Metode Pengumpulan Data

Dalam pengadaan penelitian ini, teknik pengumpulan data yang digunakan adalah studi kepustakaan, dengan mencari referensi dari buku, jurnal, dan internet. Citra standar seperti Lenna dan Baboon sering digunakan dalam pengolahan citra karena karakteristiknya yang berbeda: Baboon memiliki variasi warna tinggi, sedangkan Lenna memiliki sedikit variasi warna tetapi mengandung area dengan tingkat homogenitas yang berbeda. Kedua citra berukuran  $512 \times 512$  piksel dan berformat BMP dengan ukuran file 769 KB.

Selain itu, digunakan juga citra neutron, yaitu citra yang dihasilkan berdasarkan redaman neutron, berbeda dengan pencitraan sinar-X yang bergantung pada atenuasi sinar-X. Citra neutron memberikan informasi yang mungkin tidak terdeteksi oleh sinar-X. Tiga citra neutron digunakan dengan threshold noise intensitas 31, 32, dan 33, masing-masing berukuran  $1024 \times 1024$  piksel, berformat JPG, dan ukuran file berbeda: 661 KB (31), 595 KB (32), dan 503 KB (33), seperti ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Radiografi Neutron Valve, Baboon dan Lenna

### Rencana Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menggambarkan objek penelitian secara sistematis berdasarkan data atau sampel yang diperoleh. Penelitian difokuskan pada pereduksian noise salt and pepper pada citra standar (Lenna dan Baboon) serta citra radiografi neutron valve, guna memberikan gambaran detail mengenai latar belakang, sifat, dan karakteristik dari dataset.

Penelitian ini dirancang dengan metode kuantitatif, menjabarkan hubungan antar variabel dalam dataset untuk menguji teori dan melakukan proses pereduksian noise. Metode yang digunakan adalah thresholding yang dikombinasikan dengan Progressive Switching Median Filter. Thresholding berfungsi untuk memisahkan detail citra dari noise, sedangkan metode switching efektif untuk menangani noise salt and pepper pada citra radiografi neutron yang memiliki karakteristik gelap dan noise acak dalam bentuk, ukuran, intensitas, dan distribusi.

Langkah awal penelitian adalah studi literatur untuk memahami konsep dan menyusun

rumusan masalah serta tujuan penelitian. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data, yaitu dataset citra standar yang umum digunakan dalam pengolahan citra dan citra radiografi neutron valve.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

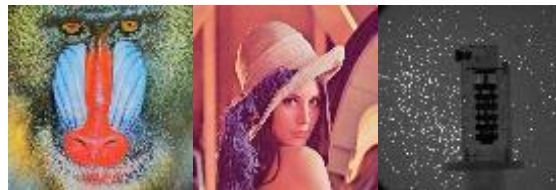
Reduksi Citra Standar dan Radiografi Neutron (PSMF dan TPSMF)

Citra Asli Berwarna dan Citra Radiografi Neutron

Model warna RGB merupakan representasi warna yang terdiri dari tiga komponen utama: merah (Red), hijau (Green), dan biru (Blue). Setiap komponen memiliki nilai intensitas yang biasanya direpresentasikan dalam 8 bit, menghasilkan 256 tingkat intensitas per komponen. Kombinasi dari ketiga komponen ini memungkinkan representasi lebih dari 16 juta warna unik dalam citra digital (Putra, Trisna, & Malani 2021).

Radiografi neutron adalah teknik uji tak merusak untuk melihat struktur internal bahan, yang kualitas citranya dipengaruhi oleh berkas neutron dan jenis film (misalnya Kodak atau Agfa), yang masing-masing memiliki karakteristik berbeda.

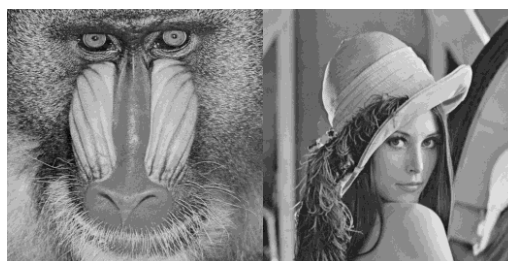
Penelitian ini menggunakan dataset citra standar Baboon dan Lenna (masing-masing 512x512 piksel), serta citra radiografi neutron valve (1024x1024 piksel) yang telah di-threshold dengan intensitas 31, 32, dan 33 pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Citra Standar (Baboon dan Lenna), Radiografi Neutron valve

Konversi Citra RGB Menjadi Citra Grayscale

Konversi citra RGB menjadi grayscale bertujuan untuk menyederhanakan warna dengan rentang intensitas 0-255 per piksel. Proses ini dilakukan dengan menghitung rata-rata nilai RGB setiap piksel. Dalam penelitian ini, citra standar Baboon dan Lenna yang awalnya berformat RGB dikonversi ke grayscale, seperti pada Gambar 2.

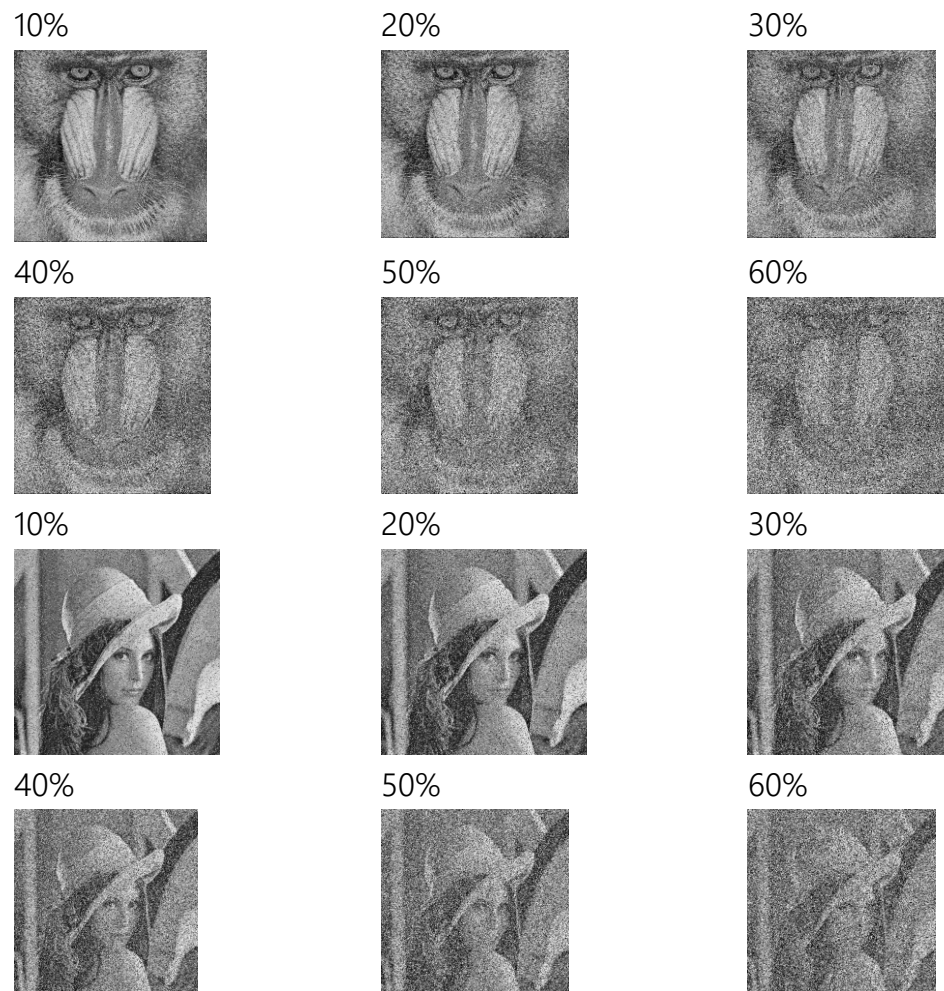


Gambar 2. Citra Standar Baboon dan Lena Konversi ke Grayscale

## Impulse Noise

Impulse noise adalah jenis noise berupa sinyal acak yang menyebabkan gangguan (diskontinuitas) pada segmen citra digital. Salah satu bentuknya adalah salt and pepper noise, yang terjadi akibat error bit saat pengiriman data, piksel rusak, atau kerusakan memori. Noise ini muncul sebagai piksel berwarna hitam (pepper) atau putih (salt), karena nilai intensitasnya ekstrem—biasanya 0 (hitam) atau 255 (putih) pada citra 8-bit grayscale.

Setelah citra standar seperti Baboon dan Lena dikonversi ke grayscale, ditambahkan salt and pepper noise dengan tingkat intensitas bervariasi antara 10% hingga 60%, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

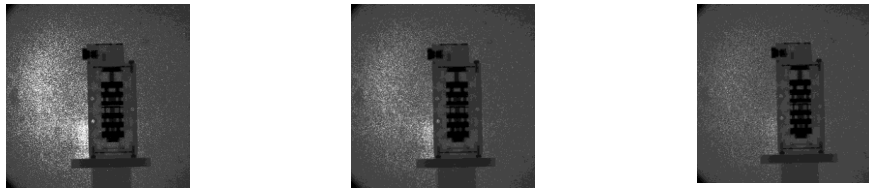


Gambar 3. Citra Baboon dan lenna diberi Noise Salt and Pepper 10% sampai dengan 60%

## Citra Radiografi Neutron yang di Threshold

Kualitas citra radiografi neutron dipengaruhi oleh kualitas berkas neutron dan jenis film yang digunakan. Misalnya, film Kodak dan Agfa menghasilkan kualitas citra yang berbeda karena memiliki karakteristik masing-masing. Untuk memisahkan detail citra dari

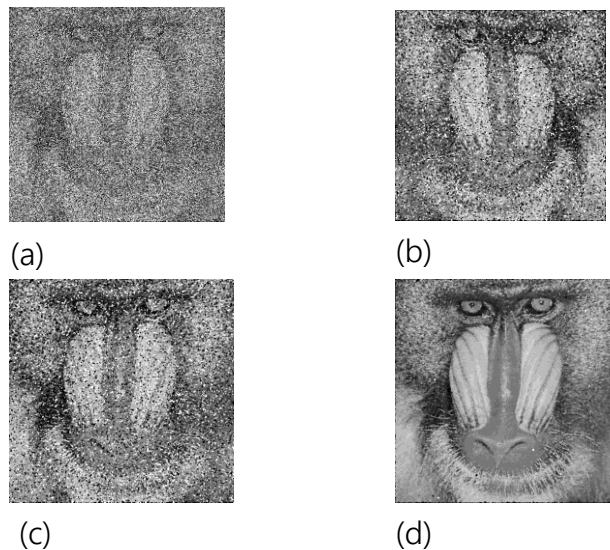
noise, digunakan metode thresholding. Pada proses ini, citra dikenai threshold dengan intensitas antara 31 hingga 33, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



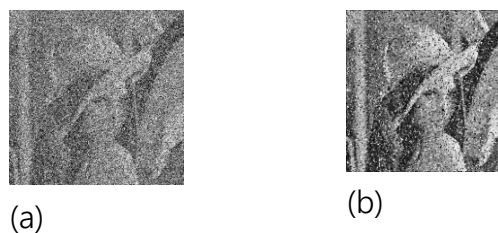
Gambar 4. Citra Radiografi neutron yang di Threshold dengan intensitas 31 sampai dengan 33

#### Simulasi Citra Standar Baboon dan Lenna di Filter dengan PSMF

Penelitian ini berfokus pada reduksi noise salt and pepper dengan kerapatan 10% hingga 60% (kenaikan 10%). Sebagai simulasi, citra standar Baboon dan Lenna difilter menggunakan metode Progressive Switching Median Filter (PSMF). Hasil pengujian secara kualitatif akan membandingkan kinerja PSMF, Adaptive Center Weighted Median Filter (ACWMF), dan Median Filter.



Gambar 5. Simulasi citra baboon (a) Citra baboon yang diberi noise salt and pepper 60% (b) median filter (c) ACWMF dan (d) PSMF





(c)



(d)

Gambar 6. Simulasi citra lenna (a) Citra lenna yang diberi noise salt and pepper 60% (b) median filter (c) ACWMF dan (d) PSMF

Simulasi pertama dilakukan pada citra Baboon dan Lenna dengan noise salt and pepper berkepadatan 60%, seperti ditunjukkan pada Gambar 5(a) dan 6(a). Citra kemudian difilter menggunakan Progressive Switching Median Filter (PSMF), Adaptive Center Weighted Median Filter (ACWMF), dan Median Filter, ditampilkan pada Gambar 5 dan 6 (b–d). Hasilnya, hanya PSMF yang berhasil mereduksi noise secara efektif, sementara ACWMF dan Median Filter gagal.

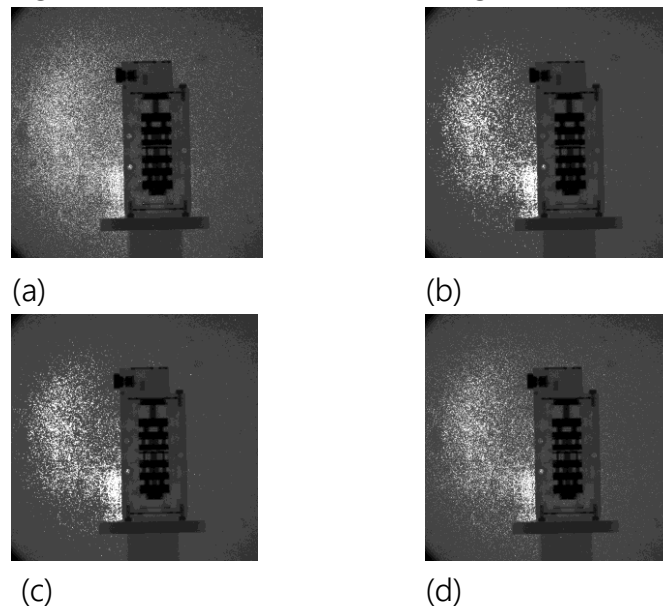
Keberhasilan PSMF juga dibuktikan secara kuantitatif melalui enam parameter evaluasi: PSNR, SSIM, MSE, MAE, SNR, dan Running Time. Grafik hasil pengukuran menunjukkan bahwa PSMF unggul dibanding dua algoritma lainnya dalam mereduksi noise pada berbagai tingkat kerapatan.

Tabel 13. Pengujian kuantitatif restorasi dua citra standar menggunakan tiga algoritma

Algoritma	Noise	Baboon				
		PSNR	SSIM	MAE	MSE	SNR
MedFilt	40%	16.5	0.4	18.3	1.205	15.87
	50%	13.6	0.24	25.9	2.304	11.06
	60%	11.1	0.13	37.8	4.098	7.18
ACWMF	40%	16.9	0.52	13	1.092	13.36
	50%	13.8	0.31	21.9	2.243	10.04
	60%	11.2	0.17	35.1	4.081	6.72
PSMF	40%	22.8	0.81	6.9	282	22.7
	50%	21.2	0.74	9.3	400	22.92
	60%	19.8	0.66	12	562	26.73
Algoritma	Noise	Lenna				
		PSNR	SSIM	MAE	MSE	SNR
MedFilt	40%	23.06	0.46	9.22	819	13.79
	50%	28.55	0.23	17	1.933	9.87
	60%	32.95	0.11	29.71	3.813	6.89
ACWMF	40%	23.5	0.48	7.63	801	13.69
	50%	30.33	0.24	15.99	1.935	9.82
	60%	39.18	0.11	29.36	3.837	6.87
PSMF	40%	32.71	0.93	2.31	36	32.44
	50%	35.91	0.89	3.34	90	33.13
	60%	40.48	0.85	4.44	153	32.29

Hasil ini membuktikan bahwa algoritma PSMF efektif menghapus noise dengan kerapatan hingga 60%. Meskipun pada kerapatan tinggi citra restorasi sedikit buram dan terdapat titik hitam, citra tersebut tetap menunjukkan kemiripan dengan citra asli. Dengan demikian, PSMF berhasil mengatasi noise salt and pepper pada kerapatan tinggi, dan berdasarkan pengujian kualitatif serta kuantitatif, PSMF menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan algoritma lainnya.

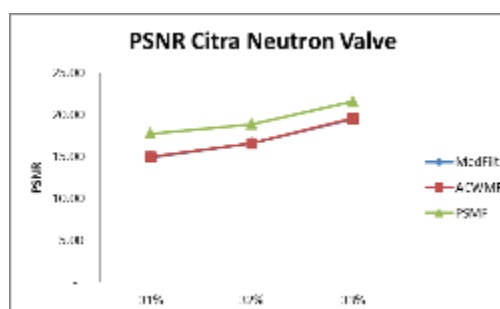
## Simulasi Citra Radiografi Neutron Valve di Filter dengan TPSMF



Gambar 7. Simulasi citra neutron valve (a) Citra neutron valve yang diberi threshold 31% (b) Median Filter (c) ACWMF dan (d) PSMF

Pada simulasi pertama, pengujian dilakukan pada algoritma PSMF dengan tingkat kerusakan gambar yang berbeda, dari noise salt and pepper dengan intensitas 10% hingga 60%, dibandingkan dengan algoritma ACWFM dan Median Filter. Hasilnya menunjukkan bahwa PSMF adalah algoritma terbaik dalam mereduksi noise salt and pepper. Pada simulasi kedua, pengujian dilakukan pada citra neutron valve yang telah diberi threshold dengan intensitas 31 hingga 33. Hasilnya menunjukkan bahwa penggabungan algoritma threshold dengan PSMF tidak berhasil dengan baik dalam mereduksi noise, berbeda dengan simulasi pertama yang menggunakan citra standar. Walaupun hasil penggabungan threshold dengan PSMF tidak menunjukkan keberhasilan secara kualitatif, pengukuran kuantitatif dengan parameter PSNR, SSIM index, MSE, MAE, SNR, dan Running Time tetap digunakan untuk menilai kinerja ketiga algoritma tersebut.

### Akurasi PSNR Terhadap Algoritma TPSMF



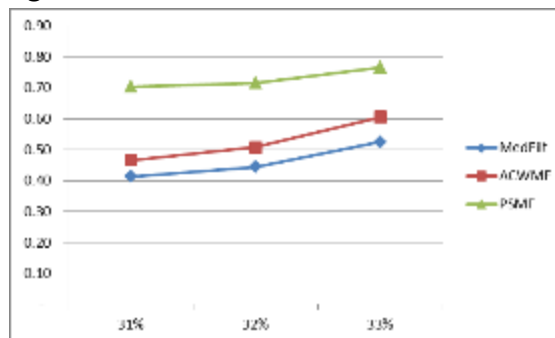
Gambar 8. Grafik PSNR terhadap kerapatan noise

Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma PSMF yang digabungkan dengan threshold (intensitas 31%-33%) berhasil meningkatkan PSNR secara signifikan, lebih baik dibandingkan dengan algoritma ACWMF dan Median Filter. Meskipun kedua algoritma lainnya juga menunjukkan peningkatan, PSMF terbukti lebih efektif dalam mereduksi noise pada citra yang diberi threshold, serta memberikan nilai PSNR tertinggi di antara ketiga algoritma tersebut.

Tabel 14. PSNR untuk masing-masing algoritma

Intensitas <i>Threshold</i>	PSNR Citra Neutron Valve		
	MedFilt	ACWMF	TPSMF
31%	14.93	14.95	<b>17.72</b>
32%	16.55	16.59	<b>18.87</b>
33%	19.48	19.54	<b>21.55</b>

#### Akurasi SSIM Index Terhadap Algoritma TPSMF



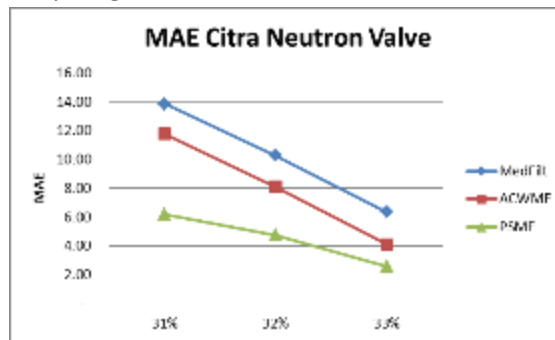
Gambar 9. Grafik SSIM Index terhadap kerapatan noise

Hasil pengujian menunjukkan bahwa PSMF yang digabungkan dengan threshold (intensitas 31%-33%) menghasilkan SSIM indeks yang paling mendekati nilai satu, lebih baik dibandingkan dengan algoritma ACWMF dan Median Filter. Hal ini membuktikan bahwa algoritma PSMF tidak hanya efektif dalam mereduksi noise salt and pepper dengan kerapatan tinggi, tetapi juga sangat handal ketika digabungkan dengan threshold, menghasilkan citra yang sangat mirip dengan citra asli.

Tabel 15. SSIM Index untuk masing-masing algoritma

Intensitas <i>Threshold</i>	SSIM Index Citra Neutron Valve		
	MedFilt	ACWMF	TPSMF
31%	0.41	0.47	<b>0.70</b>
32%	0.44	0.51	<b>0.72</b>
33%	0.53	0.60	<b>0.77</b>

## Akurasi MAE dan MSE Terhadap Algoritma TPSMF

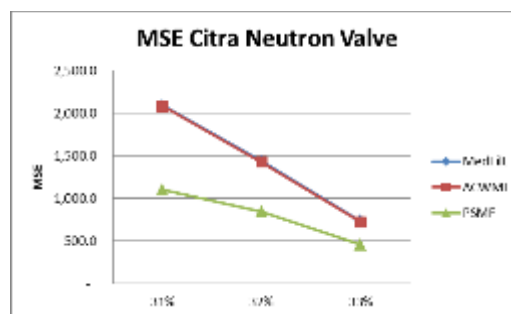


Gambar 10. Grafik MAE terhadap kerapatan noise

Hasil pengujian pada MAE menunjukkan bahwa PSMF yang digabungkan dengan threshold (intensitas 31%-33%) menghasilkan nilai MAE yang paling mendekati nol, terutama pada intensitas 33%, dibandingkan dengan algoritma ACWMF dan Median Filter. Sebaliknya, Median Filter menunjukkan nilai MAE tertinggi pada intensitas threshold 31%. Hal ini membuktikan bahwa semakin mirip citra hasil restorasi dengan citra asli, nilai MAE semakin mendekati nol. Secara keseluruhan, algoritma PSMF yang digabungkan dengan threshold menunjukkan performa yang lebih baik dengan nilai MAE yang lebih rendah dibandingkan algoritma lainnya.

Tabel 16. MAE untuk masing-masing algoritma

Intensitas Threshold	MAE Citra Neutron Valve		
	MedFilt	ACWMF	TPSMF
31%	13.86	11.75	6.19
32%	10.27	8.09	4.76
33%	6.34	4.12	2.57



Gambar 11. Grafik MSE terhadap kerapatan noise

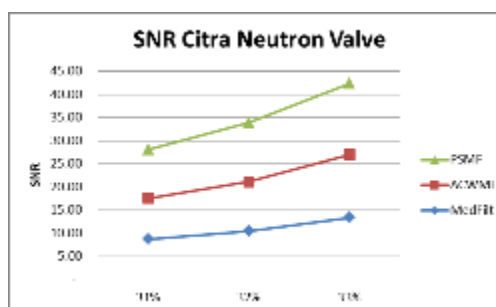
Hasil pengujian pada MSE menunjukkan bahwa PSMF yang digabungkan dengan threshold (intensitas 31%-33%) menghasilkan nilai MSE yang paling rendah dibandingkan dengan algoritma ACWMF dan Median Filter. Pada intensitas threshold 31%, Median Filter menunjukkan nilai MSE tertinggi, sementara ACWMF berada di peringkat kedua. Hal ini

membuktikan bahwa algoritma threshold PSMF efektif dalam mereduksi noise. Secara keseluruhan, PSMF yang digabungkan dengan threshold menunjukkan nilai MSE yang paling rendah di antara algoritma pemfilteran lainnya.

Tabel 17. MSE untuk masing-masing algoritma

Intensitas Threshold	MSE Citra Neutron Valve		
	MedFilt	ACWMF	TPSMF
31%	2,091.95	2,082.15	<b>1,098.86</b>
32%	1,437.56	1,427.39	<b>843.05</b>
33%	733.72	723.18	<b>454.60</b>

Akurasi SNR Terhadap Algoritma TPSMF



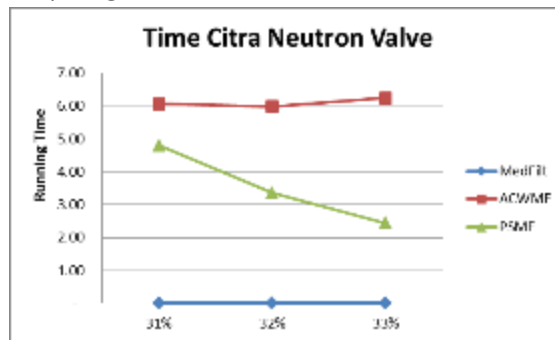
Gambar 12. Grafik SNR terhadap kerapatan noise

Pada gambar 12, terlihat bahwa SNR untuk citra hasil restorasi dengan algoritma threshold PSMF menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma lainnya. Nilai SNR, yang dinyatakan dalam desibel (dB), menggambarkan rasio sinyal terhadap noise, dengan nilai lebih tinggi menunjukkan kualitas sinyal yang lebih baik. Dalam hal ini, threshold PSMF menunjukkan nilai SNR yang lebih stabil dan lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma lain, mengindikasikan kualitas restorasi citra yang lebih baik. Hasil ini membuktikan bahwa PSMF yang digabungkan dengan threshold lebih unggul dalam mereduksi noise dibandingkan dengan algoritma pemfilteran lainnya.

Tabel 18. SNR untuk masing-masing algoritma

Intensitas Noise	SNR Citra Neutron Valve		
	MedFilt	ACWMF	TPSMF
31%	8.74	8.81	<b>10.55</b>
32%	10.49	10.60	<b>12.79</b>
33%	13.37	13.60	<b>15.43</b>

## Akurasi Running Time Terhadap Algoritma TPSMF



Gambar 13. Grafik Running Time terhadap kerapatan noise

Pada gambar 13, waktu eksekusi untuk threshold PSMF menunjukkan penurunan, berbeda dengan ACWMF yang meningkat dan Median Filter yang stabil. Penurunan pada threshold PSMF mungkin karena algoritma mulai jenuh pada intensitas noise yang tinggi. Ini menunjukkan PSMF dengan threshold lebih efisien dibandingkan algoritma lainnya.

Tabel 19. Running Time untuk masing-masing algoritma

Intensitas Threshold	Running Time Citra Neutron Valve		
	MedFilt	ACWMF	TPSMF
31%	0.01	6.06	4.80
32%	0.01	5.98	3.36
33%	0.01	6.24	2.44

Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma threshold PSMF memiliki performa terbaik dalam hal kuantitatif, dengan nilai PSNR, SNR tertinggi, serta MSE dan MAE terendah. Indeks kemiripan SSIM juga paling mendekati satu, menandakan hasil restorasi yang sangat mirip dengan citra asli. Meski Running Time sedikit lebih lama, threshold PSMF terbukti efektif dalam mereduksi noise pada citra dengan intensitas threshold yang lebih tinggi. Secara kualitatif, meskipun hasilnya sedikit lebih buruk dibandingkan ACWMF dan Median Filter, threshold PSMF tetap menunjukkan performa yang sangat baik dibandingkan algoritma lainnya dalam pengujian kuantitatif.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba dan pembahasan yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kualitatif, PSMF efektif mereduksi noise pada citra Baboon dan Lenna, namun kombinasi threshold-PSMF pada citra radiografi valve kurang maksimal, dengan bintik putih yang masih tampak.
2. Kuantitatif, Kombinasi threshold-PSMF menghasilkan nilai PSNR 21.55, SSIM 0.77, MAE

2.57, dan MSE 454.60. SNR 15.43 menunjukkan performa baik, meskipun waktu eksekusi 4.80 lebih tinggi dibandingkan ACWMF (6.24), yang mungkin menunjukkan jenuhnya algoritma dalam mereduksi noise pada intensitas tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Cao, N., & Liu, Y. (2024). High-Noise Grayscale Image Denoising Using an Improved Median Filter for the Adaptive Selection of a Threshold. *Applied Sciences*, 14(2), 635. <https://doi.org/10.3390/app14020635>
- Kumari, T. S., Bhavani, C. A., & Sreedhar, K. (2020). A Fast and Improved Switching Median Filter with Adaptive Window for Impulse Noise Removal. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 1(10), 427.
- Shah, A., Bangash, J. I., Khan, A. W., Ahmed, I., Khan, A., Khan, A., & Khan, A. (2020). Comparative analysis of median filter and its variants for removal of impulse noise from gray scale images. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.03.007>ResearchGate+1ScienceDirect+1
- Liu, F., & Fan, L. (2025). A review of advancements in low-light image enhancement using deep learning. arXiv preprint arXiv:2505.05759. <https://arxiv.org/abs/2505.05759>
- Fransiscus. (2020). Prediksi Akhis Pandemi COVID-19 di Indonesia dengan Simulasi Berbasis Model Pertumbuhan Parametrik. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri Volume 9 No 2 - Juli 2020 (Edisi Khusus COVID-19)*, 63-68.
- Putra, H., & Walmi, N. U. (2020). Penerapan Prediksi Produksi Padi Menggunakan Artificial Neural Network Algoritma Backpropagation. *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, Vol. 06 No. 02, 100-107.
- Khoirani, L., Ariansyah, R., & Supiyandi. S. (2024). Aplikasi Pengolahan Citra Untuk Peningkatan Deteksi Tepi Melalui Segmentasi Citra. *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer*, Vol. 2 No. 3. <https://doi.org/10.61132/mars.v2i3.191>
- Sovia, R., Yanto, M., & Melati, P. (2020). Prediksi Jumlah Kunjungan Wisata Mancanegara Dengan Algoritma Backpropagation. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, Volume 4, No. 2, April, 355-362
- Sari, P.I., Ramadhani, F., Satria, A., & Apdilah, D. (2023). Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola-Jones. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*. Vol. 2. No. 3, <https://doi.org/10.56211/helloworld.v2i3.346>
- Mirfan., Sudriawan., Laela, U., & Jumarlis, M. (2024). Kombinasi Algoritma KNN, HSV dan LBP Pada Pengolahan Citra Digital untuk Membedakan Kematangan Pisang. *Prosiding SISFOTEK*. Vol 8 . No 1 . 588-593

- Siagian, N. (2023). Perancangan Aplikasi Pengolahan Citra Digital Untuk Penajaman Sisi Citra Hasil Fingerprint Menggunakan Metode Fourier Phase Only Synthesis. *Jurnal Ilmu Komputer, Teknologi Dan Informasi*. Vol 1. No 2. <https://journal.grahamitra.id/index.php/jurikti/article/view/41>
- Kamil, F. (2024). Pengolahan Citra Digital Menggunakan Metode YOLO Untuk Mendeteksi Kualitas Dari Biji Kopi Berbasis Android. *AI dan SPK: Jurnal Artificial Intelligence dan Sistem Penunjang Keputusan*. Vol. 1. No. 1 . <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/aidanspk/article/view/240>
- Wijaya, A., & Franata, H. (2020). Peningkatan Hasil Segmentasi Deteksi Tepi Menggunakan Morphology Pada Pengolahan Citra, *Jukomika - (Jurnal Ilmu Komput. Dan Inform., vol. 3, pp. 2655–755*, <https://jurnal.ikhafi.or.id/index.php/jukomika/>
- Maulana, R, F. (2023). Modifikasi Program Pengolahan Citra Digital Untuk Pendugaan Nilai Indeks Klorofil dan Serapan Nitrogen pada Tanaman Padi Varietas Mekongga pada Tanah Inceptisol Menggunakan Tiga Telepon Pintar. Universitas Padjadjaran. <https://repository.unpad.ac.id/items/cf6fb4f7-a786-4f38-a6d8-a5ab1453cdf1>
- Putra, A. B. W., Trisna Aryuna, M., & Malani, R. (2021). Kompresi Citra Digital Dengan Basis Komponen Warna RGB Menggunakan Metode K-Means Clustering. *Jurnal Komputer Terapan*, 7(1), 14–23. <https://doi.org/10.35143/jkt.v7i1.3719>