

Pengurangan Noise Pada Citra Digital Menggunakan Filter Aritmatik Mean, Harmonik Mean, Gaussian, Max, Min, Dan Median Dengan Membandingkan Psnr

I Gede Aris Gunadi¹, I. G. A. Wicaksana², M. R. Dwija³, I. P. A. S. Putra⁴, P. P.
Putra⁵

Program Studi Ilmu Komputer,
Universitas Pendidikan Ganesha Jl.
Udayana 11 Singaraja, Bali, Indonesia

¹igedearisgunadi@undiksha.ac.id, ²maa.ditt@gmail.com, ³
maderakadwija@gmail.com, ⁴subagya Putra@gmail.com, ⁵permana.putra@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi pencitraan yang menghasilkan citra digital masih meninggalkan permasalahan kualitas yang menurun akibat *noise*. Paper ini mempelajari teknik-teknik pengurangan noise dengan menggunakan filter Aritmatik Mean, Harmonik Mean, Gaussian, Max, Min, dan Median dengan membandingkan hasil filter dengan nilai *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR). Uji coba terhadap citra dilakukan, citra uji diberikan *noise* kemudian dianalisa performanya secara kualitatif dengan membandingkan citra output filter, citra ber*noise* dan citra asli secara kasat mata. Secara kuantitatif diukur melalui nilai PSNR-nya. Hasil pengujian dapat disimpulkan karakteristik *noise* Gaussian dapat dikurangi secara signifikan dengan menggunakan filter Gaussian yang ditunjukkan dengan nilai PSNR yang tinggi 23.548 dB untuk level *noise* yang tinggi (40 %).

Kata Kunci — Noise, Filter, PSNR

Abstract

The development of imaging technology that produces digital images still leaves quality problems that decrease due to noise. This paper studies noise reduction techniques using Arithmetic Mean, Harmonic Mean, Gaussian, Max, Min, and Median filters by comparing the filter results with the Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) value. The test image is carried out, the test image is given noise, then its performance is analyzed qualitatively by comparing the output filter image, the noise image and the original image visually. Quantitatively measured by the PSNR value. The test results can be concluded that the Gaussian noise characteristics can be significantly reduced by using a Gaussian filter which is indicated by a high PSNR value of 23,548 dB for a high noise level (40%).

Keywords - Noise, Filter, PSNR

I. Pendahuluan

Istilah restorasi mempunyai perbedaan makna dengan peningkatan citra. Peningkatan citra (*image enhancement*) merupakan istilah yang menyatakan usaha untuk membuat gambar agar lebih baik dari sudut pandang pengolahnya. Hal ini dilakukan misalnya melalui perubahan kontras dan kecerahan. Berbeda dengan peningkatan citra, restorasi citra merupakan proses untuk membuat citra yang kualitasnya turun akibat adanya tambahan *noise* agar menjadi mirip dengan keadaan aslinya.

Noise pada citra digital dapat terjadi karena banyak faktor, seperti kurangnya pencahayaan saat pengambilan gambar, keterbatasan resolusi pixel dari kamera yang digunakan, keterbatasan kemampuan menangkap gambar bergerak oleh kamera pengawas atau cctv (*closed circuit television*) yang disebabkan oleh terbatasnya memori dan *buffer*, interferensi gelombang elektromagnetik pada peralatan pencitraan kedokteran, dan sebagainya. *Noise* mengganggu karena mengurangi kualitas citra pada saat pencetakan, menyulitkan identifikasi pelaku kejahatan pada citra cctv, juga menyulitkan pada deteksi penyakit atau sel kanker pada citra kedokteran (MRI, CTScan, XRay). Untuk itu diperlukan suatu metode pengurangan *noise* pada citra tersebut. Dalam beberapa aplikasi seperti pemrosesan citra kedokteran maupun penginderaan jauh melalui citra satelit, pengurangan *noise*

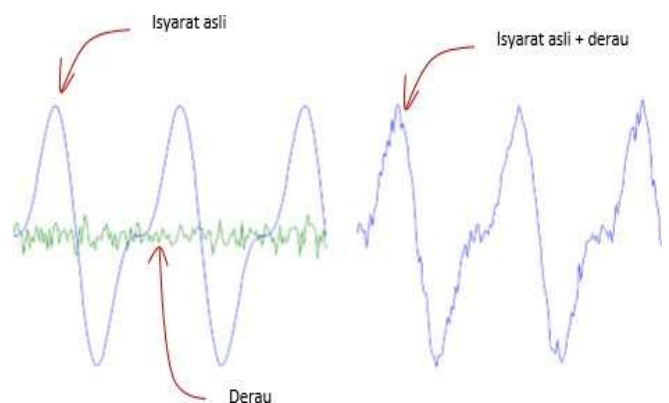
menjadi syarat penting yang harus dilakukan sebelum tahap pemrosesan selanjutnya. Fase tersebut merupakan tahap *preprocessing* yang harus dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra (*image enhancement*) [1].

Banyak penelitian tentang metode pengurangan *noise* sampai saat ini, dan masih akan terus berlanjut sebagai pengembangan teknik pemrosesan citra digital. Paper ini akan menerapkan beberapa metode filter yaitu Aritmatik Mean, Harmonik Mean, Gaussian, Max, Min, dan Median. Pada paper ini mencoba menguji dan menganalisa metode filter yang akan diterapkan untuk mengatasi *noise* pada citra digital. Semua filter yang diuji dibandingkan performanya dengan mencari nilai *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR).

II. Landasan Teori

A. Noise dalam Citra

Noise sesungguhnya adalah komponen dalam citra yang tidak dikehendaki. Dalam praktik, kehadiran *noise* tidak dapat dihindari. Sebagai contoh, *noise* Gaussian biasa muncul pada sembarang isyarat. *Noise* putih (*white noise*) biasa menyertai pada siaran televisi yang berasal dari stasiun pemancar yang lemah. *Noise* butiran biasa muncul dalam film- film fotografi. *Noise* yang dinamakan 'garam dan merica' sering mewarnai citra. *Noise* garam berwarna putih dan *noise* merica berwarna hitam [2].



Gambar 1. *Noise* pada isyarat satu dimensi

Noise dapat dikelompokkan menjadi empat kelas.

1. *Noise* tambahan (*additive noise*): *Noise* ini biasa muncul karena sensor yang bekerja tidak sempurna dan memberikan isyarat tambahan terdistribusi Gaussian, yang tidak bergantung pada isyarat asli. Isyarat yang dihasilkan dapat dinyatakan secara matematis seperti berikut:

$$g(.) = f(.) + d(.) \tag{1}$$

Dalam hal ini, $g(.)$ menyatakan isyarat yang telah terkena *noise*, $f(.)$ menyatakan citra asli, dan $d(.)$ menyatakan *noise*.

2. *Noise* perkalian (*multiplicative noise*): *Noise* perkalian biasa terjadi pada film fotografi. *Noise*-nya biasa disebut sebagai *noise* bercak (*speckle noise*). Secara matematis, isyarat yang terkena derau perkalian dapat ditulis seperti berikut:

$$g(.) = f(.) * d(.) \tag{2}$$

Dalam hal ini, $g(.)$ menyatakan isyarat yang telah terkena *noise*, $f(.)$ menyatakan citra asli, dan $d(.)$ menyatakan *noise*.

3. *Noise* impuls (*impulse noise*): Sensor ataupun saluran data terkadang memberikan *noise* berbentuk biner (0 atau 1). *Noise* seperti itu dimodelkan sebagai berikut:

$$g(.) = (1 - p) * f(.) + p * d(.) \tag{3}$$

Dalam hal ini, $g(.)$ menyatakan isyarat yang telah terkena *noise*, $f(.)$ menyatakan citra asli, $d(.)$ menyatakan *noise*, dan p menyatakan parameter biner yang nilainya berupa 0 atau 1. Berdasarkan rumus di atas, isyarat asli akan hilang saat p bernilai 1.

4. *Noise* kuantisasi (*quantization noise*): *Noise* kuantisasi termasuk sebagai *noise* yang bergantung pada isyarat. Hal ini terjadi saat kuantisasi terhadap isyarat dilakukan sebelum dikonversi menjadi isyarat digital. *Noise* ini dapat mengakibatkan detail citra hilang.

B. Jenis Noise

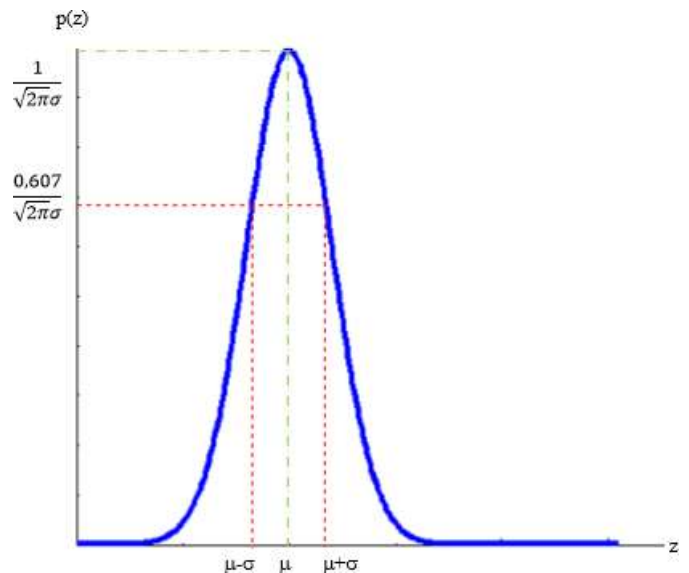
Jenis *noise* pada umumnya bervariasi Gaussian atau impuls. Namun, berbagai mode *noise* yang lain terkadang dibicarakan dalam ranah pengolahan citra dengan tujuan untuk menurunkan kualitas citra untuk kepentingan khusus pengujian proses penghilangan *noise*.

1. *Noise* Gaussian

Noise Gaussian adalah model *noise* yang memiliki fungsi kerapatan probabilitas (*probability density function* / PDF) yang diberikan oleh kurva Gaussian. PDF yang mewakili sifat paling acak dalam bentuk satu dimensi seperti berikut:

$$p(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}} \tag{4}$$

Dalam hal ini, μ adalah nilai rerata dan σ adalah deviasi standar (atau akar varians) variabel random.

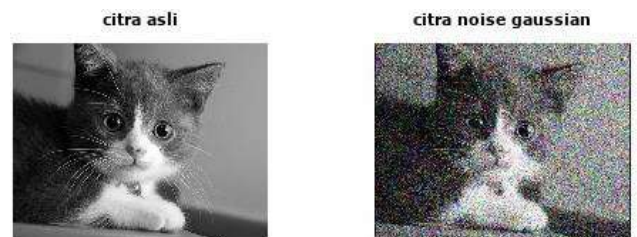


Gambar 2. Fungsi kepadatan probabilitas *noise* Gaussian

Noise Gaussian dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi pembangkit bilangan acak. Sebagai contoh, pada Octave terdapat fungsi bernama **randn** yang berguna untuk menghasilkan bilangan acak yang terdistribusi secara normal dengan nilai berkisar antara 0 dan 1. Rumus untuk mendapatkan *noise* Gaussian yang acak dengan deviasi standar sebesar σ dan rerata sama dengan μ adalah seperti berikut:

$$d = randn * \sigma + \mu \tag{5}$$

Apabila μ berupa nol, rumus di atas dapat disederhanakan menjadi $d = randn * \sigma$.



Gambar 3. *Noise* Gaussian untuk nilai standar deviasi $\sigma = 50$

2. *Noise* Garam dan Merica (*Salt and Pepper Noise*)
Noise garam dan merica biasa dinamakan sebagai *noise* impuls positif dan negatif, *noise* tembakan, atau *noise* biner. Derau ini biasa disebabkan oleh gangguan yang tiba-tiba dan tajam pada proses perolehan isyarat citra. Bentuknya berupa titik-titik hitam atau putih di dalam

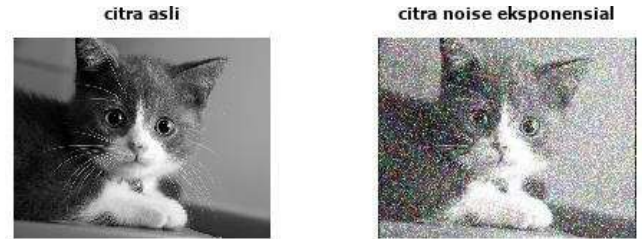
citra. *Noise* garam dan merica, sering muncul pada citra yang diperoleh melalui kamera.



Gambar 4. *Noise* Garam dan Merica probabilitas = 0.05

$$d = -\frac{1}{a} \ln(1 - rand) \tag{9}$$

Dalam hal ini, *rand* adalah pembangkit bilangan acak yang bersifat seragam.



Gambar 6. *Noise* eksponensial dengan a = 0.02

3. *Noise* Eksponensial

Noise eksponensial terkadang dinamakan *noise* eksponensial negatif merupakan jenis *noise* yang dihasilkan oleh laser yang koheren ketika citra diperoleh. Oleh karena itu, *noise* ini sering disebut sebagai bercak laser (Myler and Weeks, 1993). PDF-nya berupa

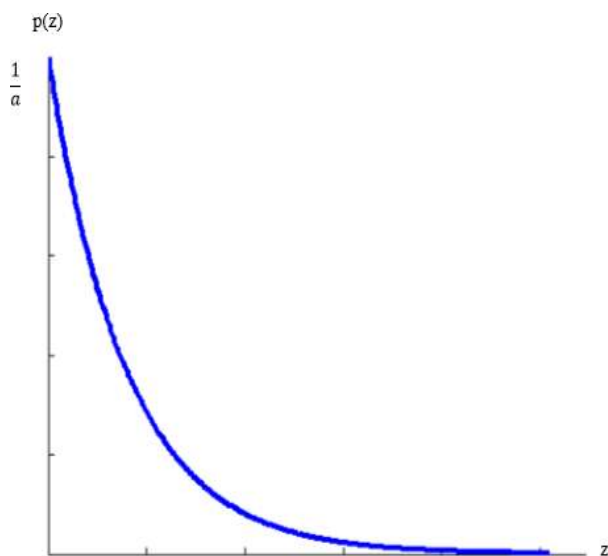
$$p(z) = \begin{cases} ae^{-az}, & \text{untuk } 0 \leq z < \infty \\ 0, & z < 0 \end{cases} \tag{6}$$

Dalam hal ini, *z* adalah nilai arah keabuan I dan $a > 0$. Reratanya berupa

$$\mu = \frac{1}{a} \tag{7}$$

dan varians berupa

$$\sigma^2 = \frac{1}{a^2} \tag{8}$$



Gambar 5. Fungsi kepadatan probabilitas *noise* eksponensial

Pembangkit *noise* eksponensial dilakukan dengan menggunakan rumus

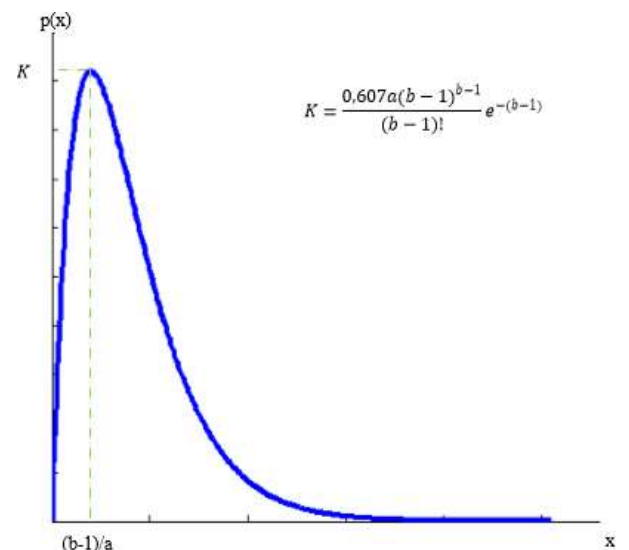
4. *Noise* Gamma

Noise gamma atau kadang disebut Erlang merupakan efek penapisan lolos-rendah terhadap citra yang mengandung *noise* eksponensial sebagai hasil pengambilan citra yang teriluminasi oleh laser yang koheren (Myler dan Weeks, 1993). PDF *noise* Gamma didefinisikan sebagai berikut:

$$p(x) = \frac{a^b x^{b-1}}{(b-1)!} e^{-ax} \tag{10}$$

Dalam hal ini, *x* adalah nilai arah keabuan, $a > 0$, *b* berupa bilangan bulat positif, dan tanda ! menyatakan faktorial. Rerata dan varians berupa:

$$\mu = \frac{b}{a^2} \quad \text{dan} \quad \sigma^2 = \frac{b}{a^2} \tag{11}$$

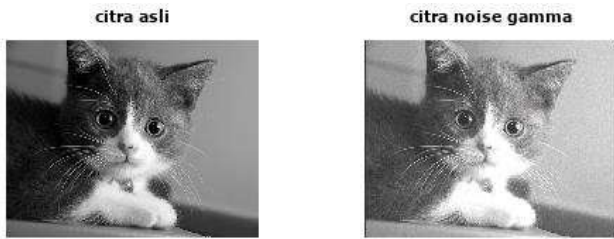


Gambar 7. Fungsi kepadatan probabilitas *noise* gamma

Pembangkit bilangan acak untuk membangkitkan *noise* gamma berupa:

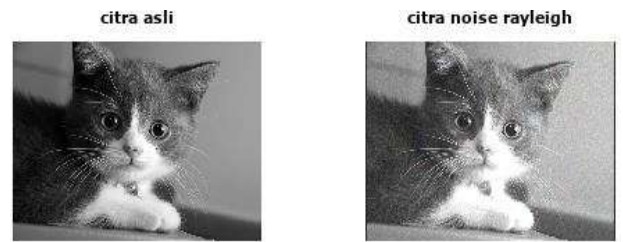
$$x = E_1 + E_2 + \dots + E_b \tag{12}$$

Dalam hal ini, E adalah bilangan random eksponensial dengan parameter a.



Gambar 13. Noise gamma dengan a = 1, b = 50

$$z = a + \sqrt{b \ln(1 - rand)} \tag{16}$$



Gambar 13. Noise rayleigh dengan a = 20, b = 490

5. Noise Rayleigh
Noise Rayleigh mempunyai PDF seperti berikut:

$$p(x) = f(x) = \begin{cases} \frac{2}{b} (z - a) e^{-(z-a)^2/b}, & z \geq a \\ 0, & z < 0 \end{cases} \tag{13}$$

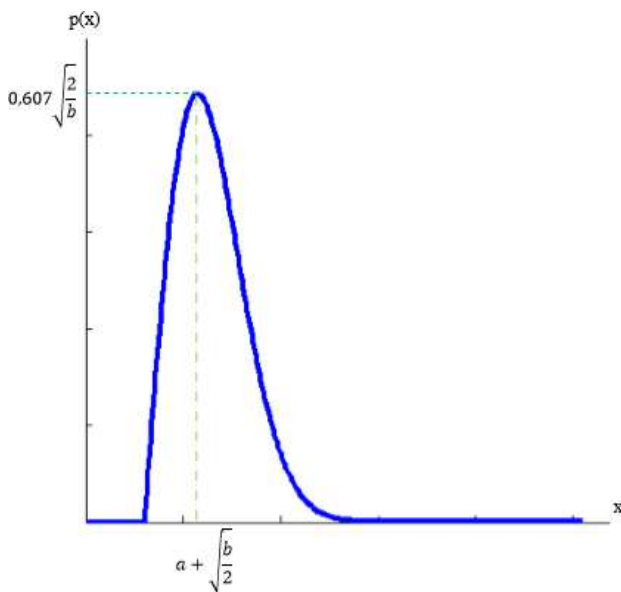
Dalam hal ini, x adalah nilai arah keabuan. Rerata dihitung dengan menggunakan rumus

$$\mu = \sqrt{\pi/(2a)} \tag{14}$$

dan varians berupa

$$\sigma^2 = \frac{b(4-\pi)}{4} \tag{15}$$

Noise Rayleigh biasa muncul pada jangkauan radar dan citra bergerak.



Gambar 14. Fungsi kepadatan probabilitas noise rayleigh

Pembangkit bilangan acak diperoleh melalui

III. Metode Penelitian

A. Penghilangan Noise

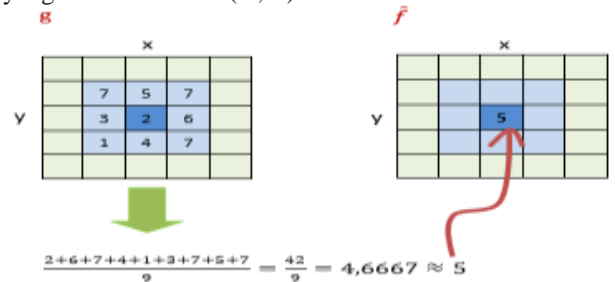
Noise yang ditambahkan ke dalam citra umumnya memiliki spektrum frekuensi yang lebih tinggi daripada komponen citra. Filter lolos-rendah dapat digunakan untuk menghilangkan noise. Secara prinsip, penghilangan noise dapat dilakukan dengan pendekatan yang linear ataupun nonlinear. Penghilangan noise secara linear dapat dilakukan baik pada kawasan spasial maupun frekuensi. Termasuk pemrosesan pada kawasan spasial yaitu penggunaan filter lolos-rendah ataupun filter rerata aritmetik, filter rerata harmonik, dan filter rerata kontraharmonik. Pada kawasan frekuensi, filter seperti homomorfik ataupun filter lolos-rendah Butterworth dapat digunakan [3].

1. Filter Rerata Aritmatik

Filter rerata aritmatik (*arithmetic mean filter*) dilakukan dengan melakukan perhitungan rerata nilai pada suatu jendela berukuran m x n dan hasilnya digunakan sebagai nilai piksel pada citra keluaran. Jika g menyatakan citra yang terkena noise dan f adalah citra yang noise-nya telah dihilangkan, hubungan kedua fungsi tersebut dapat ditulis menjadi

$$\hat{f}(y, x) = \frac{1}{mn} \sum_{(p,q) \in S_{y,x}} g(p, q) \tag{17}$$

Filter ini cocok untuk menghilangkan noise **uniform** dan **Gaussian**, tetapi akan sedikit mengaburkan citra. Dalam praktik, pendekatan rerata di atas dapat dilakukan melalui konvolusi antar g dan cadar H ataupun tanpa konvolusi. Semua koefisien dalam cadar H bernilai 1/□□. Filter rerata aritmetik tidak lain adalah filter pemerataan. Gambaran perhitungan untuk memperoleh nilai rerata yang diberikan ke □ (□, □).

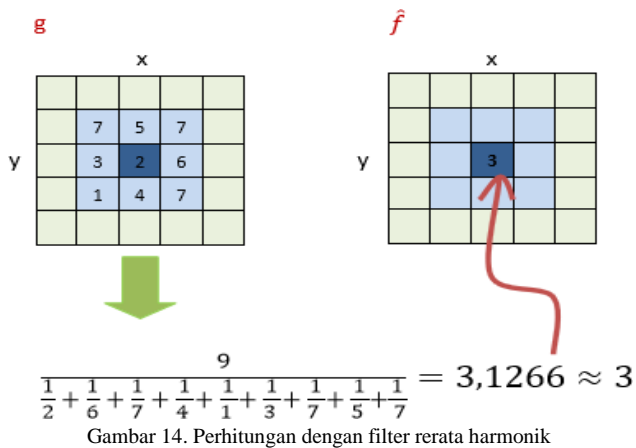


Gambar 14. Pemrosesan dengan filter rerata aritmatik

2. Filter Rerata Harmonik

Filter rerata harmonik (*harmonic mean filter*), yang termasuk dalam golongan filter nonlinear, biasa digunakan untuk mengatasi *noise* Gaussian. Pada *noise* garam dan merica, filter ini dapat digunakan untuk menghilangkan *noise* garam, tetapi akan gagal kalau diterapkan pada *noise* merica. Operasi dengan filter ini dilakukan dengan menggunakan rumus

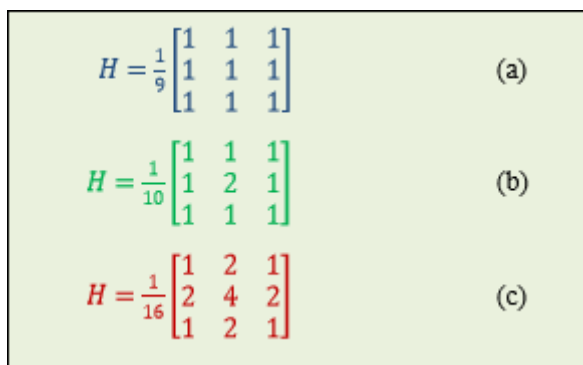
$$\hat{f}(y,x) = \frac{mn}{\sum_{(p,q) \in S_{yx}} \frac{1}{g(p,q)}} \tag{18}$$



3. Filter Gaussian

Penghilangan *noise* dengan filter gaussian umumnya di ranah spasial dilakukan dengan menggunakan cadar (biasa disebut tanggapan impuls) berukuran 3x3. Semua koefisien dinormalisasi sehingga total nilai koefisien adalah 1.

$$H = \begin{bmatrix} 1 & b & 1 \\ b & b^2 & b \\ 1 & b & 1 \end{bmatrix} \tag{19}$$



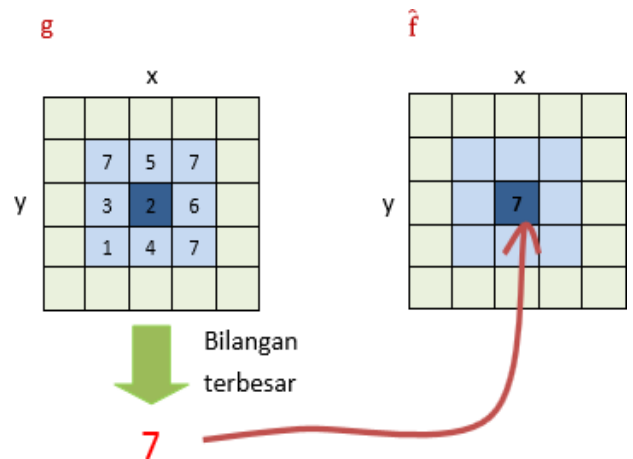
Pelaksanaan penapisan dapat dilakukan dengan melakukan konvolusi antara citra dan impuls.

4. Filter Max

Filter max atau filter maksimum adalah filter yang mencari nilai tertinggi pada jendela dan menggunakannya sebagai nilai untuk citra keluaran. Rumusnya sebagai berikut:

$$\hat{f}(y,x) = \max_{(p,q) \in S_{yx}} (g(p,q)) \tag{20}$$

Filter max berguna untuk mendapatkan bagian cerah pada citra. Sebagai akibatnya, dengan menggunakan filter ini, *noise* merica dapat disingkirkan.

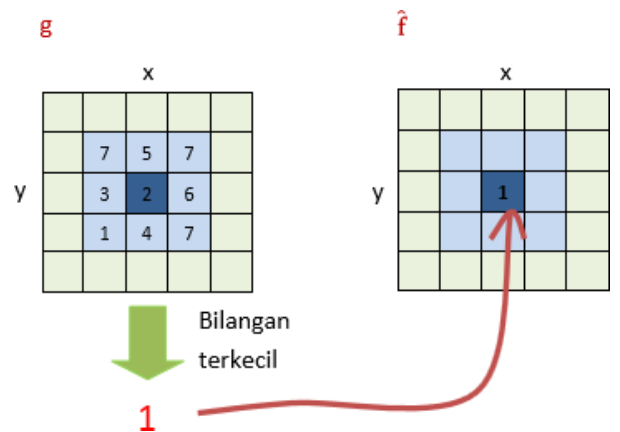


5. Filter Min

Filter min atau filter minimum adalah filter yang mencari nilai terendah pada jendela dan menggunakannya sebagai nilai untuk citra keluaran. Rumusnya sebagai berikut:

$$\hat{f}(y,x) = \min_{(p,q) \in S_{yx}} (g(p,q)) \tag{21}$$

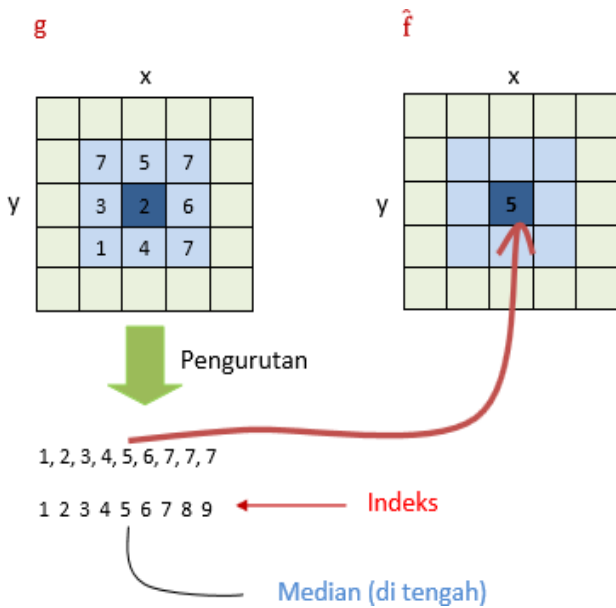
Filter min berguna untuk mendapatkan bagian tergelap dalam citra. Sebagai hasilnya, dengan menggunakan filter ini, *noise* garam dapat disingkirkan.



6. Filter Median

Filter median dapat dipakai untuk menghilangkan *noise* dalam citra. Filter ini menggunakan nilai median piksel-piksel di dalam jendela sebagai keluaran. Jadi, filter median dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{f}(y,x) = \text{median}_{(p,q) \in S_{yx}}(g(p,q)) \quad (22)$$



Gambar 17. Ilustrasi filter median

Filter median cocok dipakai untuk menghilangkan noise impuls dan noise eksponensial negatif.

B. PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*)

PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) dalam satuan logaritmik adalah dB (decibel). PSNR adalah penurunan rumus MSE, yang mengukur berapa tingkat error dari skala puncak atau nilai terbesar derajat keabuan, yaitu 255. Sehingga pengukuran untuk PSNR adalah sebagai berikut:

$$PSNR = 10 \log \frac{255^2}{MSE} \quad (23)$$

Semakin besar nilai PSNR, berarti semakin kecil error yang terjadi, dan semakin baik kualitas output filter yang dihasilkan. Semakin rendah PSNR, maka semakin buruk output filter yang dihasilkan. Hasil objektif dari performa, dianalisa secara kuantitatif melalui nilai PSNR, sebagai ukuran standard yang digunakan dalam pemrosesan citra. PSNR dihitung dari nilai MSE, yaitu nilai error rata-rata.

$$MSE(A, F') = \frac{1}{3MN} \sum_{s=1}^M \sum_{t=1}^N \sum_{c=1}^3 (A(s,t,c) - F'(s,t,c))^2 \quad (24)$$

dengan A adalah Citra Asli atau clean image (sebelum dikenai noise), dan F' adalah filtered image (citra yang terfilter atau citra yang terkena noise untuk yang belum difilter). Parameter s,t,c adalah indeks dimensi citra, yaitu berturut-turut ukuran baris (M), ukuran kolom (N) dan color channel (kanal warna, R=1, G=2, B=3).

IV. Hasil Dan Pembahasan

A. Filter Rerata Aritmatik



Gambar 18. Citra dengan Noise Gaussian



Gambar 19. Hasil filter dengan ukuran 3x3, nilai PSNR 21.4959 dB



Gambar 20. Hasil filter dengan ukuran 5x5, nilai PSNR 21.8569 dB

citra filter rerata aritmatik 7x7



Gambar 21. Hasil filter dengan ukuran 7x7, nilai PSNR 21.3397 dB

Hasil filter menunjukkan, filter rerata aritmatik sulit untuk menangani *noise* hitam (merica), jika ukuran ordo yang diberikan kecil.

B. Filter Rerata Harmonik

citra filter rerata harmonik 3x3



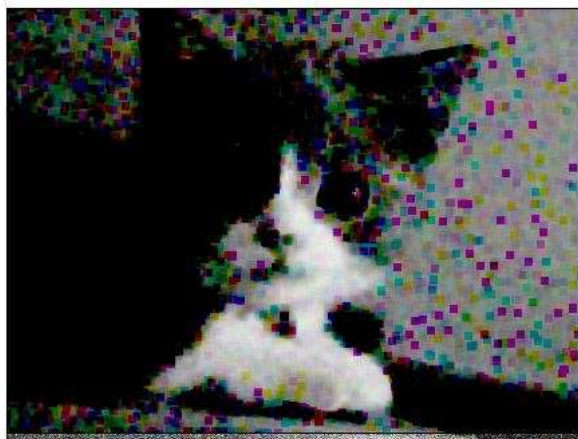
Gambar 22. Hasil filter dengan ukuran 3x3, nilai PSNR 15.454 dB

citra filter rerata harmonik 5x5



Gambar 23. Hasil filter dengan ukuran 5x5, nilai PSNR 13.717 dB

citra filter rerata harmonik 7x7



Gambar 24. Hasil filter dengan ukuran 7x7, nilai PSNR 12.528 dB

Hasil filter menunjukkan, filter rerata harmonik tidak dapat mengatasi *noise* merica (bintik hitam). Bintik warna putih dapat dihilangkan, tetapi bintik warna hitam justru lebih ditonjolkan.

C. Filter Gaussian

citra filter gaussian 3x3



Gambar 25. Hasil filter dengan ukuran 3x3, nilai PSNR 23.2265 dB

citra filter gaussian 5x5



Gambar 26. Hasil filter dengan ukuran 5x5, nilai PSNR 23.548 dB

citra filter gaussian 7x7



Gambar 27. Hasil filter dengan ukuran 7x7, nilai PSNR **23.0946** dB

citra filter max 7x7



Gambar 29. Hasil filter dengan ukuran 7x7, nilai PSNR **7.292** dB

D. Filter Max

citra filter max 3x3



Gambar 27. Hasil filter dengan ukuran 3x3, nilai PSNR **10.1745** dB

E. Filter Min

citra filter min 3x3



Gambar 30. Hasil filter dengan ukuran 3x3, nilai PSNR **11.3149** dB

citra filter max 5x5



Gambar 28. Hasil filter dengan ukuran 5x5, nilai PSNR **8.202** dB

citra filter min 5x5



Gambar 31. Hasil filter dengan ukuran 5x5, nilai PSNR **9.5501** dB

citra filter min 7x7



Gambar 32. Hasil filter dengan ukuran 7x7, nilai PSNR 8.7333 dB

citra filter median 7x7



Gambar 32. Hasil filter dengan ukuran 7x7, nilai PSNR 22.9593 dB

F. Filter Median

citra filter median 3x3



Gambar 33. Hasil filter dengan ukuran 3x3, nilai PSNR 21.2891dB

citra filter median 5x5



Gambar 34. Hasil filter dengan ukuran 3x3, nilai PSNR 22.6016dB

Hasil filter menunjukkan, tampak bahwa tekstur agak melembut. Sebagai akibatnya, detail pada citra agak tersamarkan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Citra dengan Skenario Citra diberi Noise Gaussian

Jenis Filter	PSNR (40%)		
	Ukuran 3x3	Ukuran 5x5	Ukuran 7x7
Rerata Aritmatik	21.4959	21.8569	21.3397
Rerata Harmonik	15.454	13.717	12.528
Gaussian	23.2265	23.548	23.0946
Max	10.1745	8.202	7.292
Min	11.3149	9.5501	8.7333
Median	21.2891	22.6016	22.9593

Tabel nilai PSNR diatas menunjukkan bahwa performa yang terbaik untuk noise gaussian adalah filter gaussian, yang terlihat dari nilai PSNR-nya adalah **23.548 dB** dengan variance 5x5. Sedangkan untuk nilai PSNR terendah terletak pada penggunaan filter max. Secara keseluruhan dari filter max menunjukkan nilai terendah dari setiap variance yang diujicobakan. Sehingga untuk melakukan filtering pada citra dengan noise gaussian, filter max sangat tidak dianjurkan, mengingat perbandingan nilai PSNR yang jauh dengan filer lainnya yang diujicobakan.

V. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari pengolahan citra digital untuk pengurangan noise dengan menggunakan metode filter Rerata Aritmatik, Rerata Harmonik, Gaussian, Max, Min, dan Median dengan membandingkan nilai PSNRnya. Untuk mengurangi noise gaussian, filter yang terbaik adalah menggunakan filter gaussian. Semakin tinggi nilai PSNR, penggunaan filter mengarah pada performa yang mendekati citra aslinya. Hasil pengamatn secara kualitatif, filter gaussian terbukti mampu membersihkan citra dari noise gaussian dan

dapat mengurangi noise gaussian secara signifikan. Sedangkan secara kuantitatif, hal ini juga ditunjukkan oleh nilai PSNR yang lebih tinggi yang menyatakan performa masing-masing filter dalam mereduksi noise.

REFERENSI

- [1] Gonzalez, Rafael C., Richard E. *Digital Image Processing Third Edition*. Upper Saddle River, New Jersey : Pearson Prentice Hall. 2008.
- [2] Church, J.C., Y. Chen, dan S.V. Rice. 2008. *A Spatial Medial Filter for Noise Removal in Digital Images*. Proc of IEEE Southeast Conference (SECON), pp. 618-623, Huntsvile, Alabama.
- [3] Bambang Yuwono. 2010. *Image Smoothing Menggunakan Mean Filtering, Median Filtering, Modus Filtering, dan Gaussian Filtering*. Jurnal Telematika, Vol. 7, No. 1, hlm 65-75.