

ANALISIS PERBANDINGAN ALGORITMA PENGHAPUSAN NOISE IMAGE ENHANCEMENT PADA CITRA ULTRASONOGRAFI

¹Theofilus Dewa A.R.Putra*, ²Yosefina Finsensia Riti, ³Dita Anggelia

^{1,2,3}Universitas Katolik Darma Cendika,

^{1,2,3}Jl. Dr. Ir. H. Soerkarno No. 201

¹theofilus.putra@student.ukdc.ac.id, ²yosefina.riti@ukdc.ac.id, ³dita.angelia@student.ukdc.ac.id
*) Penulis Korespondensi

Abstrak

Ketika melakukan akuisisi citra ultrasonografi, sering kali terjadi gangguan dalam bentuk noise. Hal ini tentunya dapat mengganggu interpretasi medis yang akurat. Oleh karena itu dibutuhkan penghapusan noise yang efektif, yaitu menggunakan metode point processing dan mask processing. Algoritma yang disediakan tentunya bermacam-macam, dalam penelitian ini akan dilakukan analisis perbandingan algoritma yang efektif untuk menghapus noise. Perbandingan algoritma dilakukan antaranya Contrast Stretching, Retinex, Median Filter, dan High Pass Filter. Setelah, hasil pengujian dilakukan didapatkan bahwa metode Median Filter (Mask Processing) yang terbukti efektif untuk menghilangkan noise, dengan hasil nilai PSNR 35.50 dan MSE 18.64.

Kata Kunci: USG Kanker Payudara, Point Processing, Mask Processing, Noise, Python, OpenCV

Abstract

When performing ultrasound image acquisition, interference often occurs in the form of noise. This of course can interfere with accurate medical interpretation. Therefore, effective noise removal is needed, namely using point processing and mask processing methods. Of course, the algorithms provided vary, In this study, a comparative analysis of effective algorithms for removing noise will be carried out. Comparison of algorithms is carried out including Contrast Stretching, Retinex, Median Filter, and High Pass Filter. After the test results were carried out, it was found that the Median Filter (Mask Processing) method proved to be effective for removing noise, with a PSNR value of 35.50 and an MSE of 18.64.

Keywords: Breast Cancer USG, Point Processing, Mask Processing, Noise, Python, OpenCV

PENDAHULUAN

Pada saat melakukan akuisisi citra ultrasonografi, seringkali terjadi gangguan dalam bentuk noise. Noise ini dapat mengurangi kualitas gambar dan mengganggu interpretasi medis yang akurat. Oleh karena itu, diperlukan teknik penghapusan noise yang efektif untuk meningkatkan citra ultrasonografi [1]. Dalam analisis

perbandingan algoritma penghapusan noise image enhancement pada citra ultrasonografi, dapat digunakan metode *point processing* dan *mask processing*. Metode *point processing* melibatkan manipulasi intensitas piksel individu dalam citra [2], sementara metode *mask processing* melibatkan penggunaan filter atau masker untuk mengolah piksel dalam jendela tertentu. Dalam metode *point processing*, dua teknik yang umum digunakan

adalah *contrast stretching* [3] dan *retinex* [4]. *Contrast stretching* bertujuan untuk meningkatkan kontras citra dengan meregangkan rentang intensitas piksel [5]. Teknik ini bekerja dengan mengidentifikasi nilai intensitas minimum dan maksimum dalam citra, kemudian meregangkan rentang intensitas piksel secara proporsional.

Metode ini efektif dalam meningkatkan kontras citra dan mengurangi *noise* [1]. Sementara itu, metode *retinex* merupakan metode pengolahan citra berdasarkan prinsip yang meniru proses pengolahan citra di retina mata manusia. *Retinex* memisahkan citra menjadi komponen reflektansi dan pencahayaan, lalu mengkombinasikan kembali keduanya untuk menghasilkan citra yang lebih baik [6]. Metode ini mampu mengurangi *noise* serta meningkatkan kualitas citra ultrasonografi dengan meningkatkan ketajaman dan kontras. Di sisi lain, metode *mask processing* menggunakan filter atau masker untuk mengolah piksel dalam jendela tertentu. Dua teknik yang sering digunakan adalah *median filter* [7] [8] dan *high pass filtering* [9] [10]. *Median filter* bekerja dengan menggantikan nilai piksel yang terkena *noise* dengan nilai median dari piksel-piksel tetangganya [11]. Teknik ini efektif dalam menghilangkan *noise* tanpa merusak detail citra yang penting. *High Pass filtering*, di sisi lain, menggunakan filter high pass untuk meningkatkan detail dan mengurangi komponen rendah frekuensi dalam citra.

Dengan cara ini, *noise* dapat diredam sementara detail citra tetap dipertahankan .

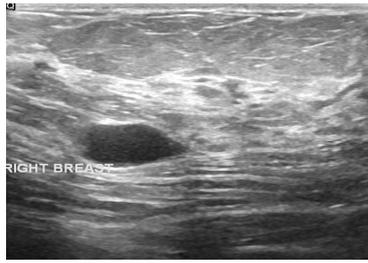
Dalam perbandingan algoritma, setiap metode akan dievaluasi berdasarkan kinerja mereka dalam menghilangkan *noise* pada citra USG payudara.

Parameter evaluasi yang umum digunakan meliputi ukuran kesalahan (error) antara citra hasil pemrosesan dengan citra asli, peningkatan kontras dan ketajaman citra, serta kejelasan detail citra setelah pengolahan. Dengan melakukan perbandingan antara metode *point processing (contrast stretching dan retinex)* dan metode *mask processing (median filter dan high pass filtering)*, dapat ditemukan metode yang paling efektif dalam menghapus *noise* dan meningkatkan kualitas citra USG. Setelah dilakukan penelitian, ditemukan bahwa metode terbaik untuk menghapus *noise* pada citra USG adalah *median filter (Mask Processing)* dengan nilai PSNR 35.50 dan MSE 18.64

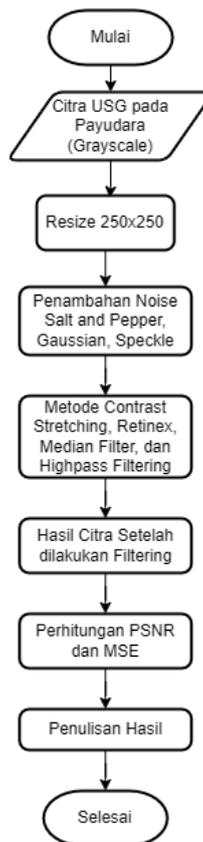
METODE PENELITIAN

Data Uji

Citra yang digunakan dalam penelitian ini merupakan citra USG kanker payudara berlabel kanker jinak yang diperoleh dari database Kaggle [21]. Dataset tersebut berjumlah 30 citra dengan ukuran yang berbeda-beda, oleh karena itu citra akan disesuaikan dengan ukuran 250x250.



Gambar 1. Gambar Citra Kanker Payudara



Gambar 2. Diagram Alir penelitian

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan pencarian data citra USG kanker payudara yang akan digunakan sebagai sampel data uji coba. Dengan menggunakan metode yang akan dibandingkan, antara lain adalah *Contrast Stretching*, Metode *Retinex*, *Median filter*, *High Pass Filtering*. Program yang digunakan

adalah *Python* dan *Opencv*, lalu dilanjutkan dengan kalkulasi PSNR dan MSE. Hasilnya akan menunjukkan peningkatan kualitas citra dengan filter yang berbeda-beda. Penelitian ini merupakan uji experimental untuk menghasilkan gambar dengan kualitas yang lebih baik. Proses diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat di Gambar 2.

Resize Citra

Resize atau *Resizing* merupakan suatu prosedur yang mengubah dimensi ukuran untuk sebuah gambar dalam piksel. Dalam proses *resizing*, piksel yang membentuk gambar dapat dikurangi atau ditambahkan untuk mencapai perubahan ukuran yang diinginkan. Tahapan ini dilakukan untuk menjaga konsistensi dalam distribusi intensitas piksel, sehingga *noise* mudah diidentifikasi dan dihilangkan. [12]. *Resizing* yang digunakan untuk penelitian ini adalah 250x250.

Penambahan Noise

Noise merupakan suatu interferensi yang timbul akibat pengolahan data digital pada perangkat penerima gambar, yang berdampak pada kualitas citra. Gangguan ini terjadi ketika data gambar yang diterima mengalami gangguan fisik, terutama dalam hal optik. Dataset yang digunakan secara visual tidak terdeteksi adanya *noise*, sehingga diperlukan penambahan *noise* pada penelitian ini, diantaranya adalah *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*, dan *Speckle Noise*.

Denoising

Denoising merupakan metode yang sering digunakan untuk mengatasi atau

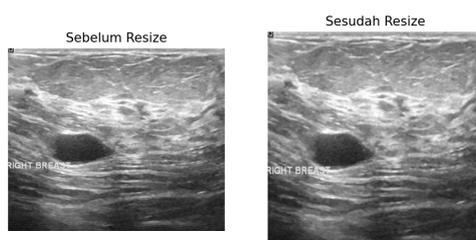
mengurangi *noise* pada sebuah citra. *Denoising* memiliki tujuan untuk meningkatkan tampilan visual citra dengan memaksimalkan informasi yang terkandung di dalamnya.

Terdapat berbagai algoritma yang dapat digunakan untuk melakukan *denoising*, salah satunya adalah *filtering*. Dalam penelitian ini, algoritma *filtering* yang digunakan meliputi *Point Processing* (*Contrast Stretching* dan Metode Retinex) serta *Mask Filtering* (*Median Filtering* dan *High Pass Filtering*).

Point Processing

Point Processing merupakan metode yang melibatkan manipulasi intensitas piksel individu dalam citra, yang artinya prosesnya ini bergantung melalui nilai intensitas keabuan (*gray level*) dari satu pixel, tidak bergantung lewat pixel lain yang ada di sekitarnya [2]. Beberapa metode yang sering digunakan ialah *Contrast Stretching* [3],

Metode Retinex [4], *Grayscale* [6], dan Negasi [12]. Dalam penelitian ini hanya membandingkan 2 metode dari *point processing* yaitu *Contrast Stretching* dan Metode Retinex.



Gambar 3. *Resize* Citra Kanker Payudara

Contrast Stretching

Contrast stretching merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh suatu citra baru $f_0(x, y)$, untuk memperoleh kontras yang lebih baik dibandingkan dengan citra asli $f_i(x, y)$. Ide utama dari *contrast stretching* ialah meningkatkan rentang kecerahan sehingga dinamis, yang berpengaruh pada nilai grayscale pada gambar citra yang diuji selama tahap pemrosesan [3] [13]. Berikut rumus dari metode *Contrast Stretching* [3]:

a. untuk $0 \leq f_i(x,y) < A_1$, maka $f_0(x,y) = f_i(x,y) \frac{B_1}{A_1}$ (1)

b. untuk $A_1 \leq f_i(x,y) < A_2$, maka $f_0(x,y) = B_1 + (f_i(x,y) - A_1) \frac{B_2 - B_1}{A_2 - A_1}$ (2)

c. untuk $A_2 \leq f_i(x,y) < 255$, maka $f_0(x,y) = B_1 + (f_i(x,y) - A_2) \frac{255 - B_2}{255 - A_2}$ (3)

Metode Retinex

Metode Retinex merupakan metode pengoreksi dan penghapusan pada citra yang paling baik dan menjadi acuan dalam berbagai bidang terutama bidang elektronika [14]. Sering berkembangnya algoritma ini ditemukanlah metode *MultiScale Retinex* (MSR) yang merupakan pengembangan dari gaussian dan menghasilkan output sebagai berikut [15]:

$$R_{MSR} = \sum W_n R_{ni} \quad (4)$$

Dimana $i = 1$ hingga n , n merupakan nilai jumlah skala, R_{ni} adalah komponen ke- i dari skala ke- n , R_{MSR} serta W_n merupakan berat atau bobot yang berkaitan dengan skala n . Pada MSR fungsi *surround* diberikan oleh

$$F_n(x,y) = K \exp(-r^2/C_n^2) \quad (5)$$

Mask Processing

Mask Processing merupakan operasi terhadap suatu jendela ketetanggaan pada citra untuk mengurangi tingkat *noise* dan kesalahan perawatan citra [16]. Beberapa metode yang digunakan adalah *Median Filter* [7][8], *High Pass Filter* [9][10], *Algoritma Wiener* [7], *Sobel*, *Prewitt*, *Canny* [11].

Median Filtering

Metode filter median adalah suatu teknik penghalusan yang dikembangkan oleh Profesor John Tukey dan digunakan untuk mengurangi *noise* atau gangguan pada citra. Metode ini termasuk dalam kategori filter non-linear karena tidak melibatkan operasi *konvolusi* [17]. Dalam operasi non-linear ini, nilai intensitas sekelompok piksel diurutkan dan nilai piksel yang sedang diproses digantikan dengan nilai tertentu. Filter Median merupakan salah satu jenis filter order-statistics yang paling terkenal. Berikut rumus dari metode *Median Filter* [17]:

$$f(x, y) = \text{median} \{g(s, t)\} \quad (s, t) \in S_{xy} \quad (6)$$

High Pass Filtering

Filtering high-pass digunakan untuk memperjelas citra dengan mengurangi komponen frekuensi rendah tanpa mempengaruhi informasi frekuensi tinggi dari transformasi Fourier. $Hlp(u,v)$ adalah fungsi dari filter low-pass yang terkait. Highpass Filter yang ideal (IHPF) adalah kebalikan dari *Ideal Low Pass Filtering* [18]. IHPF memberikan nilai 0 pada semua gelombang frekuensi dalam area lingkaran dengan radius

D0 ketika dilewatkan, sambil mempertahankan semua gelombang frekuensi yang dilakukan di luar area lingkaran. Berikut ini adalah rumus untuk HPF. [19].

$$H(u,v) = \begin{cases} 0 & \text{if } D(u,v) \leq D_0 \\ 1 & \text{if } D(u,v) > D_0 \end{cases} \quad (7)$$

$H(u,v)$: fungsi filter

D_0 : konstanta positif (cutoff frekuensi)/titik pusat transformasi

$D(u,v)$: jarak antara titik (u,v) dalam domain frekuensi dan pusat persegi panjang frekuensi.

Parameter Pengukuran

Pengukuran peningkatan kualitas pada sebuah citra dapat menggunakan MSE dan PSNR. MSE bekerja dengan cara menghitung nilai error, sedangkan PSNR bekerja dengan cara menghitung sinyal dari noisanya. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan menggunakan MSE dan PSNR untuk mengukur seberapa baik metode *Contrast Stretching*, Metode *Retinex*, *Median Filtering*, dan *High pass Filtering* dalam penghapusan *noise*, baik *Salt and Pepper noise*, *Gaussian Noise*, dan *Speckle Noise*.

MSE (Mean Square Error)

MSE (*Mean Square Error*), merupakan hasil sigma dari total error yang terjadi antara citra hasil filter dengan citra asli. Perhitungan MSE yang menggunakan persamaan berikut [20]:

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{\epsilon=1}^M \sum_{i=1}^N ((f_a(i,j) - f_b(i,j))^2) \quad (8)$$

M dan N merupakan ukuran panjang dan lebar pada citra. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai MSE sebuah citra, semakin bagus hasil peningkatan kualitasnya.

$f_a(i,j)$ = nilai dari intensitas citra di titik (i,j) citra asli

$f_b(i,j)$ = nilai intensitas citra di titik (i,j) setelah kualitas ditingkatkan

Artinya, terjadi peningkatan kualitas citra yang mirip dengan kualitas citra aslinya.

PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)

PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) bekerja dengan cara menghitung sinyal dari noisanya. Berikut merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung nilai PSNR [13]:

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{255}{MSE} \quad (9)$$

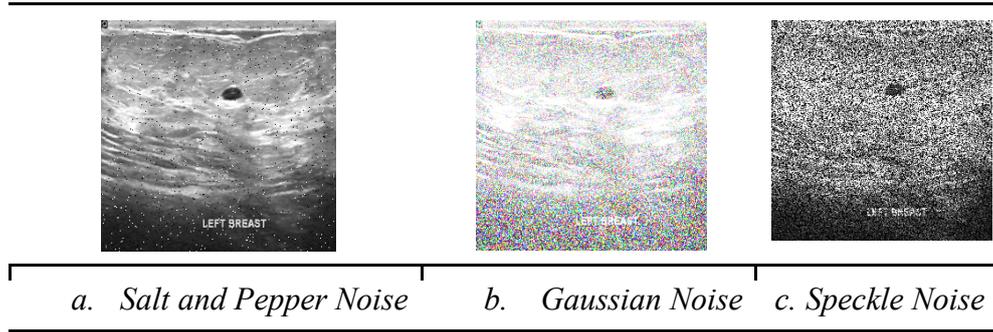
Semakin besar nilai PSNR pada sebuah citra, maka hasil peningkatan kualitasnya semakin mendekati citra aslinya. Sebaliknya, semakin kecil nilai PSNR pada sebuah citra maka makin jelek kualitas citranya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

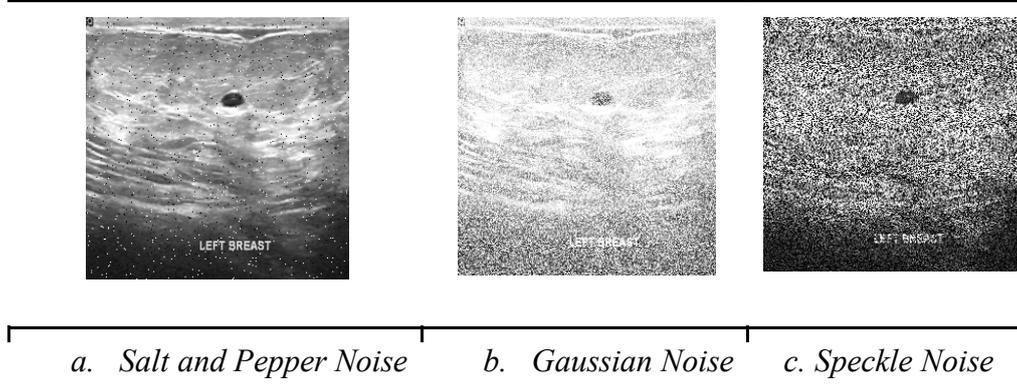
Penambahan Noise

Dataset yang diberikan secara visual tidak memiliki *noise*, sehingga dilakukan penambahan noise diantara *Salt and Pepper Noise*, *Gaussian Noise*, *Speckle Noise* diperlukan sebagai objek penelitian.

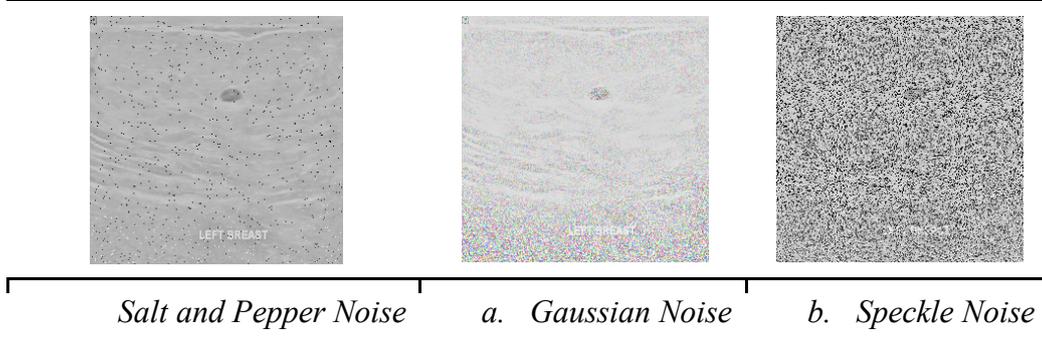
Tabel 1. Penambahan noise



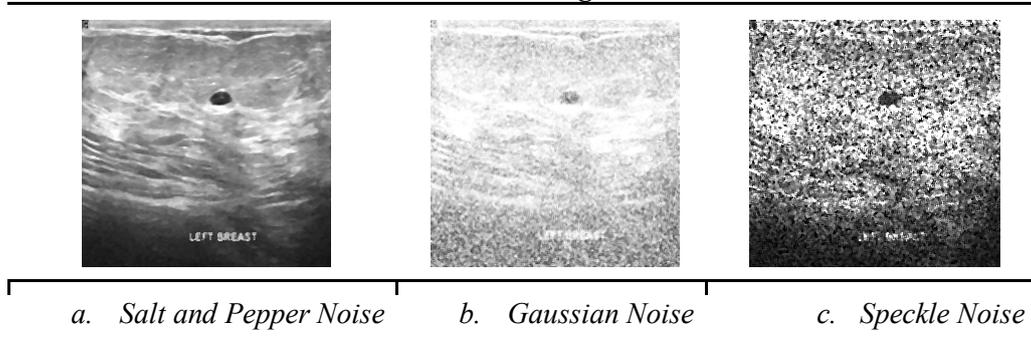
Tabel 2. Denoising Contrast Stretching



Tabel 3. Denoising Retinex



Tabel 4. Denoising Median



Hasil Denoising

Berikut dibawah ini tabel citra hasil denoising menggunakan metode Contrast Stretching, untuk mengurangi noise yang telah ditambahkan. Pada Tabel 2. secara visual menunjukkan bahwa metode Contrast Stretching efektif untuk menghapus Salt and Pepper Noise dibandingkan Gaussian Noise dan Speckle Noise. Berikut dibawah ini tabel citra hasil denoising menggunakan metode Retinex, untuk mengurangi noise yang telah ditambahkan.

Pada Tabel 3. secara visual menunjukkan bahwa metode Retinex efektif untuk menghapus Salt and Pepper Noise, untuk Gaussian Noise dan Speckle Noise hanya ada sedikit denosing yang terjadi sehingga terdapat noise yang tersisa.

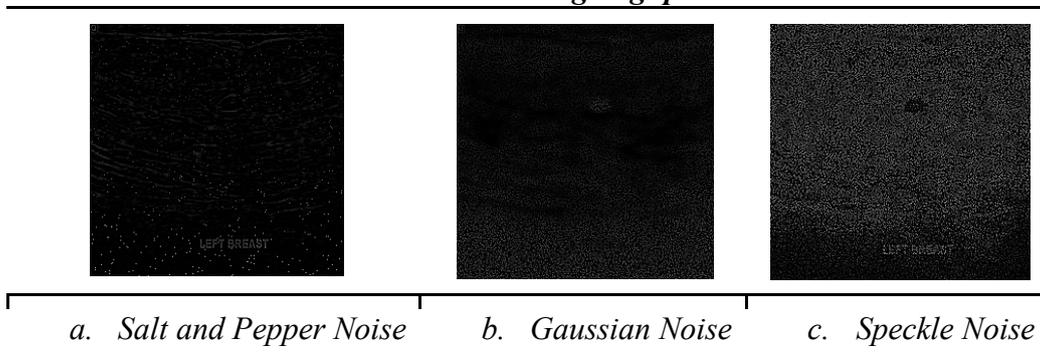
Berikut dibawah ini tabel citra hasil denoising menggunakan metode median filter, untuk mengurangi noise yang telah ditambahkan. Pada Tabel 4. secara visual menunjukkan bahwa metode Median Filter efektif untuk menghapus Salt and Pepper

Noise dibandingkan Gaussian Noise dan Speckle Noise Berikut dibawah ini tabel citra hasil denoising menggunakan metode Highpass filtering, untuk mengurangi noise yang telah ditambahkan. Pada Tabel 5. secara visual menunjukkan bahwa metode Highpass Filter efektif untuk menghapus Gaussian Noise dibandingkan Salt and Pepper Noise dan Speckle Noise

Hasil Pengukuran

Tabel 6 merupakan tabel nilai hasil denoising pada citra yang diukur dengan MSE dan PNSR. Berdasarkan Tabel 6. Citra yang memiliki nilai MSE yang paling kecil adalah citra yang mendekati citra aslinya. Setelah dilakukan penilaian MSE pada penelitian ini, ditemukan bahwa metode *Contrast Stretching* efektif untuk menghapus *Salt and Pepper Noise* dengan nilai MSE 2.07, metode *Highpass Filtering* efektif menghapus *Gaussian Noise* dengan nilai MSE 104.31 dan metode *Median Filter* efektif untuk menghapus *Speckle Noise* nilai MSE 90.37.

Tabel 5. Denoising Highpass

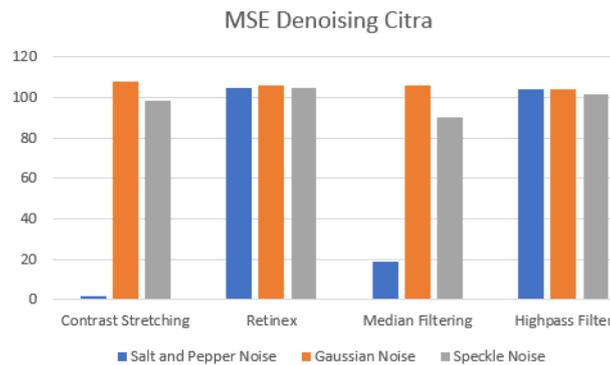


Tabel 6. Tabel Hasil Penilaian MSE

	<i>Salt and Pepper Noise</i>	<i>Gaussian Noise</i>	<i>Speckle Noise</i>
<i>Contrast Stretching</i>	2.07	108.04	98.30
<i>Retinex</i>	104.50	105.99	104.93
<i>Median Filter</i>	18.64	105.86	90.37
<i>High Pass Filter</i>	103.89	104.31	101.38

Tabel 7. Tabel Hasil Penilaian PSNR

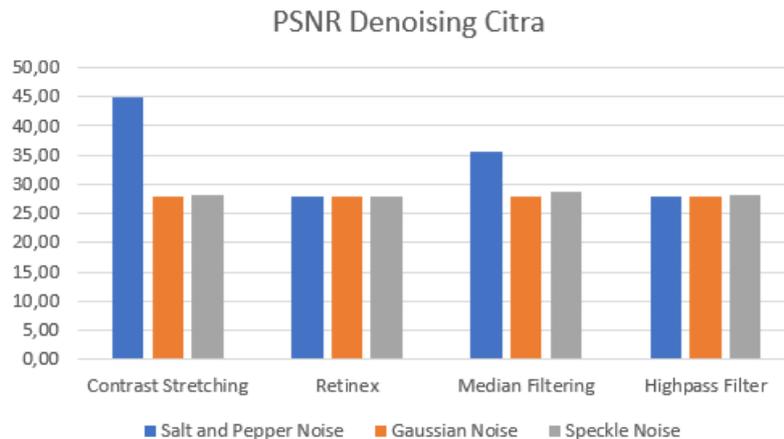
	<i>Salt and Pepper Noise</i>	<i>Gaussian Noise</i>	<i>Speckle Noise</i>
<i>Contrast Stretching</i>	44.99	27.80	28.24
<i>Retinex</i>	27.94	27.88	27.92
<i>Median Filter</i>	35.50	27.89	28.62
<i>Highpass Filter</i>	27.99	27.95	28.10



Gambar 4. Diagram Perbandingan MSE

Berdasarkan Tabel 7. Citra yang memiliki nilai PSNR diatas 30 db memiliki kemiripan tinggi dengan citra aslinya. Setelah dilakukan penilaian PSNR pada penelitian ini, ditemukan bahwa metode Contrast Streching efektif untuk menghapus Salt and Pepper Noise dengan nilai PSNR 44.99 db , metode Highpass Filtering efektif untuk menghapus Gaussian Noise dengan nilai PSNR 27.95 db , dan Median Filter efektif untuk menghapus Speckle Noise dengan nilai PSNR 28.62 db.

Pada Gambar 4. Metode Median Filter dan Contrast Stretching memiliki nilai MSE yang cukup kecil dalam noise Salt and Pepper dibandingkan metode lainnya. Akan tetapi, dalam pengujian noise lain (Gaussian Noise dan Speckle noise) Contrast Stretching memiliki nilai MSE yang cukup tinggi dibandingkan dengan Median Filtering yang lebih rendah dalam Gaussian Noise dan Speckle Noise.



Gambar 5. Diagram Perbandingan PSNR

Pada Gambar 5. metode Median Filter dan Contrast Stretching memiliki nilai PSNR diatas 30 db. Dalam pengujian Contrast Stretching mampu mengungguli median Filter dengan nilai PSNR 44.99 db, Akan tetapi Median Filter memiliki nilai PSNR yang mendekati nilai ideal PSNR (30 db) yaitu 27.89 dan 28.62 menggunakan Gaussian Noise dan Speckle Noise.

Berdasarkan perbandingan antara MSE dan PSNR disimpulkan bahwa metode yang memiliki nilai MSE yang lebih kecil dan PSNR diatas 30 db adalah metode median filter. Metode median filter memiliki nilai MSE 18.64 dan PSNR 35.50 db, pada Salt and Pepper Noise, nilai MSE 105.86 dan nilai PSNR 27.89 db pada Gaussian Noise, dan nilai MSE 90.37 dan PSNR 28.62 db pada Speckle Noise. Dapat disimpulkan bahwa median filter memiliki kinerja terbaik dalam mengurangi noise pada citra USG kanker payudara, karena semakin besar nilai PSNR maka semakin bagus peningkatan kualitas citranya dan

semakin kecil nilai MSE tingkat error dalam peningkatan kualitas citra makin berkurang

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel yang disajikan, dapat disimpulkan bahwa metode *median filter* memiliki kinerja terbaik dalam menghilangkan noise pada citra USG kanker payudara. Kesimpulan ini didasarkan pada perbandingan nilai PSNR dan MSE antara metode median filter dengan metode lainnya. Dalam pengujian ini, median filter menghasilkan nilai PSNR sebesar 35.50 dan nilai MSE sebesar 18.64 pada citra *noise Salt and Pepper*, pada citra *Gaussian Noise* 27.89 dan MSE 105.86, serta noise speckle dengan nilai PSNR 28.62 dan MSE 90.37.

Hal ini menunjukkan bahwa *median filter (mask processing)* mampu mempertahankan kualitas citra dengan baik dan mengurangi distorsi yang disebabkan oleh *noise* dengan efektif. Terlebih lagi, terdapat

hubungan yang erat antara nilai PSNR dan MSE, di mana semakin tinggi nilai PSNR yang dihasilkan, maka semakin rendah nilai MSE. Oleh karena itu, *median filter* dengan nilai PSNR yang tinggi dan MSE yang rendah dapat dianggap sebagai pilihan ideal dalam menghilangkan *noise* pada citra *USG* kanker payudara. Dengan demikian, metode *median filter* dapat dijadikan sebagai solusi yang efektif dan unggul dalam memperbaiki kualitas citra *USG* kanker payudara dengan menghilangkan *noise* yang terdapat dalam citra tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Supiyanto and T. Suparwati, "Perbaikan Citra Menggunakan Metode Contrast Stretching," *J. Siger Mat.*, vol. 2, no. 1, pp. 13–18, 2021.
- [2] S. Aripin, G. L. Ginting, and N. Silalahi, "Penerapan metode retinex untuk meningkatkan kecerahan citra pada hasil screenshot," *J. MEDIA Inform. BUDIDARMA*, vol. 1, no. 1, 2017.
- [3] B. Purba, "Aplikasi perbaikan kualitas citra hasil penginderaan jauh (remote sensing) dengan metode contrast stretching," *J. TIMES*, vol. 6, no. 2, pp. 26–36, 2017.
- [4] Y. S. Muzahardin, A. Fauzi, and N. Nurhayati, "Perbaikan Citra Digital Pada Foto Dengan Menggunakan Metode Retinex," *JTIK (Jurnal Tek. Inform. Kaputama)*, vol. 6, no. 1, pp. 133–139, 2022.
- [5] S. Sugiarti, "Peningkatan Kualitas Citra Dengan Metode Fuzzy Possibility Distribution," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 10, no. 1, pp. 100–104, 2018.
- [6] R. Prasasti, N. Wilis, and A. A. Zulfahmi, "Segementasi Citra Menggunakan Metode Watershed Transform dengan Kombinasi Thershold, HSV, Grayscale dan Morphology Untuk Mendeteksi Sebaran API," *SITEKIN J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 19, no. 1, pp. 49–54, 2021.
- [7] D. Y. Simanjuntak, "REDUKSI NOISE SALT AND PAPER PADA CITRA PANKROMATIK MENGGUNAKAN METODE MEDIAN FILTER," *Inf. dan Teknol. Ilm.*, vol. 7, no. 1, pp. 18–23, 2019.
- [8] N. A. Putra and R. Amalia, "Perancangan Aplikasi Perbaikan Citra Digital Pada Hasil Screenshot Dengan Menggunakan Metode Multiscale Retinex dan Median Filter," *Fakt. Exacta*, vol. 15, no. 3, pp. 180–191, 2022.
- [9] A. R. Yanto, N. A. Hasibuan, and I. Saputra, "PERBANDINGAN METODE HIGH-BOOST FILTERING DAN ALGORITMA WIENER DALAM PERBAIKAN KUALITAS CITRA," *Pelita Inform. Inf. dan Inform.*, vol. 7, no. 3, pp. 269–274, 2019.
- [10] E. Verawati, S. D. Nasution, and I.

- Saputra, “APLIKASI PENAJAMAN CITRAA STREET VIEW MENGGUNAKAN METODE GRAMD SCHMIDT SPECTRAL SHARPENING DAN HIGH PASS FILTERING,” *KOMIK (Konferensi Nas. Teknol. Inf. dan Komputer)*, vol. 3, no. 1, 2019.
- [11] A. Hidayat, “Perbandingan Metode Canny, Prewitt, dan Sobel Pada Image Jenis-Jenis Alga Untuk Mendeteksi Tepi Citra,” *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 7, no. 4, pp. 477–481, 2020.
- [12] E. Renaldo, M. F. R. Pratama, M. Y. Setiawan, and F. P. Putra, “OPERASI TITIK PADA PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK PENINGKATAN KUALITAS GAMBAR MENGGUNAKAN MATLAB,” in *MDP Student Conference, 2022*, pp. 200–205.
- [13] P. N. Andono and T. Sutojo, *Pengolahan citra digital*. Penerbit Andi, 2017.
- [14] K. A. Yusro and R. D. Sianturi, “Penerapan Metode Median Filtering Dan Histogram Equalization Untuk Meningkatkan Kualitas Citra Radiografi,” *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 5, no. 3, pp. 247–253, 2018.
- [15] F. Azmi, D. David, S. Sherly, and S. Lahagu, “Implementasi Metode Retinex dan Histogram Equalization Pada Kecerahan Citra Digital,” *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 62–68, 2019.
- [16] D. P. Sari, “Analisa Unsharp Mask Filter Untuk Perbaikan Citra Pada Pas Foto,” *JURIKOM (Jurnal Ris. Komputer)*, vol. 5, no. 6, pp. 644–647, 2018.
- [17] R. Maulana, “Kombinasi Metode Retinex dan Metode Interpolasi Linear Dalam Penajaman Kualitas Citra USG,” *Pelita Inform. Inf. dan Inform.*, vol. 10, no. 4, pp. 149–160, 2022.
- [18] S. E. Umbaugh, “Digital Image Enhancement, Restoration and Compression: Digital Image Processing and Analysis.” CRC Press, 2023.
- [19] E. Simarmata, “Implementasi Metode High Pass Filtering Dan Metode Contras Streching Dalam Perbaikan Kualitas Citra,” *J. Informatics, Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 31–38, 2022.
- [20] D. Putra, *Pengolahan citra digital*. Penerbit Andi, 2010.
- [21] <https://www.kaggle.com/datasets/aryasha/h2k/breast-ultrasound-images-dataset>