

NOISE REDUCTION UNTUK RESTORASI CITRA DENGAN ALGORITMA WIENER DAN HISTOGRAM EQUALIZATION

NOISE REDUCTION FOR IMAGE RESTORATION WITH WIENER ALGORITHM AND HISTOGRAM EQUALIZATION

Rendy Galih Saputra¹, Riza Ibnu Adam², Carudin³

^{1,2,3} Universitas Singaperbangsa Karawang
rendy.galih17176@student.unsika.ac.id

ABSTRACT

Image is a form of information that has an important role. However, in practice, there are many obstacles faced in capturing an image to make it fit as desired. One example is when taking pictures, sometimes the images taken contain noise or disturbances in the form of dots or noise in the image. In image processing, there is an image restoration method where the method will process an image so as to produce the desired information/result. Wiener's algorithm is a restoration method based on least squares. Histogram Equalization is the process by which the distribution of the gray degree values in the image becomes even or uniform. The purpose of this research is to reduce noise in CCTV captured images. From the results of experiments that have been carried out, it will be compared with an ordinary noise reduction system without Histogram Equalization. The Wiener algorithm aims to reduce noise in the image, while the Histogram Equalization aims to improve the quality of the image. From the research that has been done that the research program has an MSE value of 1.6377 and a PSNR value of 46,0225 with a system speed of 2,956 s.

Keywords: *Noise reduction, image restoration, CCTV, Wiener Algorithm, Histogram Equalization*

ABSTRAK

Citra merupakan suatu bentuk informasi yang memiliki peranan yang cukup penting. Namun, pada pelaksanaannya banyak kendala-kendala yang dihadapi dalam menangkap sebuah citra agar sesuai keinginan. Salah satu contohnya saat pengambilan gambar, terkadang gambar yang diambil terdapat noise ataupun gangguan yang berupa titik-titik atau derau pada citra. Dalam pengolahan citra, terdapat metode restorasi citra dimana metode tersebut akan memproses sebuah citra sehingga menghasilkan informasi/hasil yang diinginkan. Algoritma Wiener adalah metode restorasi yang berdasarkan pada least square. Histogram Equalization proses dimana mengubah penyebaran nilai derajat keabuan pada citra menjadi rata atau seragam disebut dengan. Tujuan dari penelitian ini adalah mereduksi noise pada citra hasil tangkapan CCTV. Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, maka akan dibandingkan dengan sistem reduksi noise biasa tanpa Histogram Equalization. Algoritma Wiener bertujuan untuk mereduksi noise pada citra, sedangkan Histogram Equalization bertujuan untuk meningkatkan kualitas pada citra. Dari penelitian yang telah dilakukan bahwa program penelitian memiliki nilai MSE 1.6377 dan nilai PSNR 46.0225 dengan kecepatan sistem 2.956 s.

Kata Kunci: Noise Reduction, Restorasi Citra, CCTV, Algoritma Wiener, Histogram Equalization.

PENDAHULUAN

Citra merupakan suatu bentuk informasi yang memiliki peranan yang cukup penting. Citra dapat berbentuk 2 dimensi seperti gambar, foto, ataupun lukisan. Citra sendiri sering digunakan oleh masyarakat untuk keperluan sehari-hari, mulai dari untuk hiburan

sampai untuk pekerjaan. Citra dapat digunakan sebagai hiasan atau juga dapat digunakan sebagai sumber mata pencaharian, seperti contohnya foto, video, iklan, dan lain-lain (Barita, P., & Simangunsong, N., 2017)

Kamera digital, CCTV, ataupun *dashboard* merupakan *tools* atau alat

yang biasa digunakan untuk menangkap citra atau gambar. Namun, pada pelaksanaannya banyak kendala-kendala yang dihadapi dalam menangkap sebuah citra agar sesuai keinginan. Salah satu contohnya saat pengambilan gambar, terkadang gambar yang diambil terdapat *noise* ataupun gangguan yang berupa titik-titik atau derau pada citra. Salah satu penyebabnya sendiri dapat berupa keterbatasan resolusi atau keterbatasan ruang pada saat pengambilan gambar atau citra, biasanya masalah ini biasa disebut dengan degradasi citra. Apalagi rekaman CCTV telah diakui menjadi salah satu alat bukti yang sah sesuai dengan terbitnya UU Informasi dan Transaksi Elektronik, yaitu dalam pasal 5 ayat (1) dan (2) Undang-Undang ITE menyatakan bahwa informasi elektronik dan dokumen elektronik serta hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah (Khristanto 2020). Maka dari itu diperlukan hasil citra yang bersih dari jenis *noise* atau gangguan, agar nantinya dapat dimanfaatkan sebagai alat bukti ataupun untuk kebutuhan pengumpulan informasi lainnya (Gonzalez, R. C., & Woods, R. E., 2002; Sidik, Firmansyah, & Anwar, S., 2019).

Salah satu teknologi yang dikembangkan untuk mengolah sebuah citra disebut pengolahan citra. Baik itu gambar, huruf, atau angka. Dalam pengolahan citra, terdapat metode restorasi citra dimana metode tersebut akan memproses sebuah citra sehingga menghasilkan informasi/hasil yang diinginkan. Untuk mengatasi permasalahan citra yang memiliki *noise* diatas, maka diperlukan sebuah metode yang dapat digunakan untuk memperbaikinya. Metode restorasi citra dapat digunakan untuk memperbaiki gambar yang rusak atau cacat. Terdapat berbagai macam teknik yang dapat digunakan untuk memperbaiki citra,

salah satunya filtering (Heryana, N., & Mayasari, R., 2016).

Selain restorasi citra, dalam pengolahan citra digital juga terdapat metode perbaikan citra. Tujuannya adalah agar citra dapat diperbaiki atau lebih dikembangkan lagi supaya hasil citra menjadi lebih jelas dan lebih bagus. Dengan kata lain, citra yang telah di dapat tadi dapat diolah sedemikian pula agar menghasilkan kualitas citra yang lebih baik dari sebelumnya (Madenda, S., 2015).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Surti Sari (2019) dengan judul penelitian “Penerapan Metode Median Filter untuk Mereduksi Noise Speckle dan Salt & Pepper pada Citra Ortokromatik”, ia menggunakan metode median filter sebagai filter untuk mereduksi *noise speckle* dan *salt&pepper* pada citra ortokromatik. Dalam penelitiannya, peneliti membuat sebuah aplikasi yang telah dibangun menggunakan metode tersebut untuk melakukan pemfilteran citra. Citra warna pada objek diubah menjadi grayscale. Aplikasi menunjukkan bahwa citra yang memiliki *noise* memiliki bintik-bintik secara acak pada citra. Hasilnya adalah, dengan adanya aplikasi ini, peneliti berhasil mereduksi bahkan menghapus *noise* pada citra ortokromatik, sehingga citra menjadi lebih jelas dari *noise* (Munir, R., 2013).

Kemudian dalam penelitian yang dilakukan oleh Aditia Pratama dan Abdul Sani Sembiring (2017) yang berjudul “Implementasi Metode Histogram Equalization dan Median Filter dalam Perbaikan Citra Satelit”, ia menggunakan histogram equalization yang digabung dengan median filter sebagai metode untuk mengembangkan kualitas citra satelit. Histogram equalization merupakan salah satu metode yang cukup banyak digunakan untuk memperbaiki kualitas citra. Dalam

penelitian ini, peneliti membuat aplikasi yang dibuat untuk memperbaiki kualitas citra satelit. Hasilnya adalah citra yang lebih bagus sebelumnya, hal ini dikarenakan meratakan atau mengubah kontras pada warna citra dan menghilangkan noise pada citra satelit(Putra, D., 2010).

penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan menggabungkan restorasi citra dan perbaikan kualitas citra dengan algoritma wiener dan histogram equalization. Pembuatan program ini, dibantu dengan aplikasi MATLAB. Algoritma wiener dipilih sebagai filter untuk melakukan reduksi *noise* sedangkan *histogram Equalization* dipakai untuk memperbaiki kualitas citra. Selain itu, citra yang dipakai berasal dari citra hasil tangkapan CCTV yang digunakan sebagai citra studi kasus. Selain untuk mereduksi *noise* pada citra, penelitian ini juga menyajikan hasil analisis dari program yang telah dibuat(Samosir, R. S., 2014; Sari, S., 2019).

METODE (12pt, bold)

Metode dalam penelitian ini digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

Jika dijabarkan, maka urutan dari metode penelitian adalah sebagai berikut(Thera, dkk., 2020):

1. Pengkonsepan

Merupakan tentang tujuan aplikasi, target aplikasi, dan hasil aplikasi ini. Perencanaan dapat meliputi keseluruhan

aplikasi dari pembuatan sampai perbandingan hasil.

2. Perancangan

Dalam kegiatan ini dilakukan perancangan ini terbagi menjadi 2, yaitu;

1. Diagram alur sistem

Pada bagian ini, peneliti akan merancang diagram alur dari sitem yang akan dibuat. Pembuatan diagram alur ini bertujuan agar nantinya saat melakukan proses pengkodean, peneliti memiliki acuan supaya sistem yang dibuat menjadi lebih rapih dan runtut. Pada bagian ini juga, akan diberikan sedikit deskripsi tentang apa yang dilakukan pada tiap tahapnya.

2. Rancang GUI

Pada bagian ini, peneliti akan merancang GUI atau antarmuka dari sistem yang akan dibuat. Bentuk rancang GUI yang akan dibuat adalah visualisasi bentuk desain . Tahap ini bertujuan agar peneliti memiliki gambaran ataupun acuan tentang tampilan antarmuka sistem nantinya.

3. Pengumpulan Bahan

Proses pengumpulan bahan dapat dibagi menjadi 2 tahap, yaitu studi literatur dan pengumpulan bahan untuk aplikasi. Studi literatur meliputi kegiatan mengumpulkan bahan bacaan atau sumber-sumber yang mendukung aplikasi ini. Selain itu, pengumpulan bahan lainnya berupa citra yang akan dijadikan objek penelitian.

4. Pembuatan

Setelah proses pengumpulan bahan selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan proses pembuatan atau penyatuan dari bahan-bahan yang telah dikumpulkan tadi. Proses pembuatan ini dibantu dengna aplikasi Matlab2016a. Dalam proses pembuatan, aplikasi ini menggunakan aplikasi Matlab. Tahapan ini dibagi menjadi 2, yaitu;

1. Pengkodean

Pada tahap ini, peneliti akan melakukan pengkodean sistem

berdasarkan dari diagram alur yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.

2. Pembuatan GUI

Pada tahap ini, peneliti akan melakukan pengkodean antarmuka sistem berdasarkan dari rancangan GUI yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.

5. Pengujian

Setelah aplikasi ini selesai dibuat, maka tahap selanjutnya adalah pengujian. Pengujian ini dilakukan secara langsung, yaitu berupa pengetesan sistem yang telah dibuat pada aplikasi Matlab sebelumnya terhadap citra yang telah disiapkan. Pengujian ini bertujuan untuk mengecek ataupun mendeteksi apakah sistem sudah bekerja sebagai mana mestinya sesuai dengan diagram alur yang telah dibuat. Selain itu, penghitungan nilai MSE (Mean Square Error) dan PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) menjadi salah satu penentu keberhasilan restorasi citra.

6. Perbandingan Hasil

Hasil dari sistem yang telah diuji akan disajikan dalam bentuk tabel. Setelah itu peneliti akan membandingkan kinerja sistem terhadap 2 jenis citra tangkapan CCTV yang berbeda, yaitu grayscale dan warna. Perbandingan antara kedua citra adalah lama kerja sistem dalam memproses citra dan hasil yang telah menjadi output sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Pengkonsepan

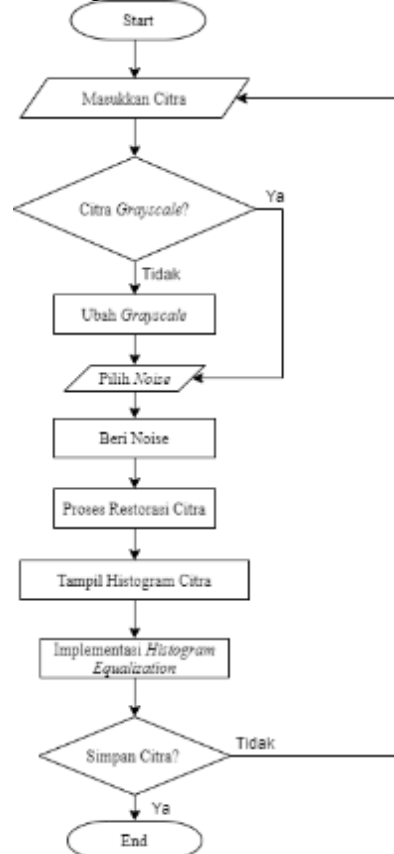
Tujuan dari program ini adalah untuk mereduksi noise dan meningkatkan kualitas citra dengan memanfaatkan algoritma wiener dan histogram equalization. Waktu yang digunakan untuk membuat program ini yaitu selama 4 bulan. Objek dari penelitian ini adalah citra hasil tangkapan CCTV siang dan malam hari. Target dari penelitian ini yaitu untuk

membantu masyarakat khususnya bidang keamanan seperti polisi atau instansi lainnya jika sewaktu-waktu mendapat kasus dengan citra yang memiliki noise dan kualitas citra yang cukup rendah.

2. Perancangan

Dalam kegiatan ini dilakukan perancangan ini terbagi menjadi 2, yaitu;

1. Diagram alur sistem



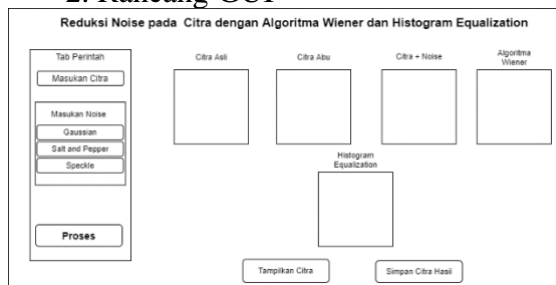
Gambar 2. Rancangan Sistem Penelitian

Sistem ini dimulai dengan memasukan citra yang ingin diproses. Citra dapat berupa citra berwarna ataupun tidak berwarna. Setelah itu, citra yang sudah dimasukan diubah menjadi citra abu atau grayscale. Kemudian, pengguna akan memilih jenis noise yang akan diberikan. Nantinya sistem akan memberikan noise pada citra sesuai dengan yang pengguna masukan.

Tahapan selanjutnya adalah proses reduksi noise dengan algoritma wiener. Selanjutnya, citra yang telah direduksi akan dilanjutkan ke tahap peningkatan

kualitas citra dengan Histogram Equalization. Setelah kualitas citra ditingkatkan. Maka pengguna dapat memilih untuk menyimpan gambar yang telah diproses oleh sistem ataupun dapat memasukan gambar baru untuk diproses lagi

2. Rancang GUI



Gambar 3. Rancangan Sistem Penelitian

Dalam rancangan diatas, terdapat 5 bingkai. Bingkai-bingkai tersebut bertujuan untuk menampilkan citra yang telah di proses pada tahap-tahap sebelumnya sesuai dengan tombol atau perintah yang dipilih. Tombol “Tampilkan Citra” bertujuan untuk menampilkan citra dengan window atau tampilan masing-masing sehingga menjadi lebih besar. Tombol terakhir adalah tombol “Simpan Citra Hasil”, tombol ini bertujuan untuk menyimpan citra yang telah diproses pada sistem.

3. Pengumpulan Bahan

Bahan yang digunakan berupa citra hasil tangkapan CCTV luar rumah yang berlokasi di Jl.Kp.Tenggilis. RT 04. RW 12, Kec. Mustika Jaya, Kota Bekasi, Jawa Barat. Citra diambil dengan jarak ± 5 meter.



Gambar 4 Citra hasil CCTV yang diambil pada siang hari



Gambar 5 Citra hasil CCTV grayscale

4. Pembuatan

1. Pengkodean

Pada proses ini merupakan pembuatan *back-end* dari pemodelan yang akan dibuat. Jika dijelaskan secara singkat, maka program ini dapat dijabarkan sebagai berikut.

```
RGB = imread ('CCTV Siang.jpeg');
K = rgb2gray (RGB);
J = imnoise (K, 'gaussian', 0, 0.025);
```

Gambar 6 Source code masukan citra

Inread bertujuan untuk membaca citra yang diberi variabel RGB, sedangkan perintah *rgb2gray* merupakan perintah untuk mengubah citra asli menjadi citra *grayscale* dengan variabel K. *imnoise* K merupakan perintah yang bertujuan untuk memberikan noise atau derau pada citra variabel K yaitu citra *grayscale* tadi. Kata “*gaussian*” pada perintah *imnoise* digunakan untuk memberikan derau *gaussian* pada citra, begitu pula berlaku untuk *speckel* dan *salt & pepper*. Selanjutnya adalah memberikan nilai intensitas derau yang akan diberikan pada citra.

```
M = wiener2(J, [5 5]);
```

Gambar 7. Source code algoritma wiener

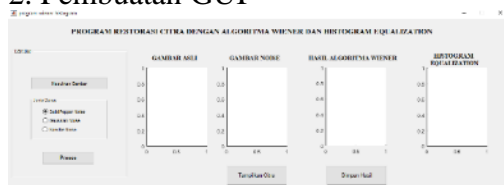
Perintah *wiener2* merupakan perintah yang digunakan untuk mengimplementasikan algoritma wiener sebagai *filter denoising* derau kepada citra telah diberikan noise tadi.

```
L=histeq(M);
figure
imshow(L);
title('citra histogram');
```

Gambar 8. Source code Histogram Equalization

Perintah *histeq* merupakan perintah yang digunakan untuk mengimplementasikan *histogram equalization* terhadap citra dengan variabel M, yang mana citra tersebut telah diproses oleh algoritma *wiener* pada tahap selanjutnya. Perintah *figure* dan *imshow* merupakan perintah untuk menampilkan citra variabel terkait yang telah diproses dengan *window* yang baru.

2. Pembuatan GUI



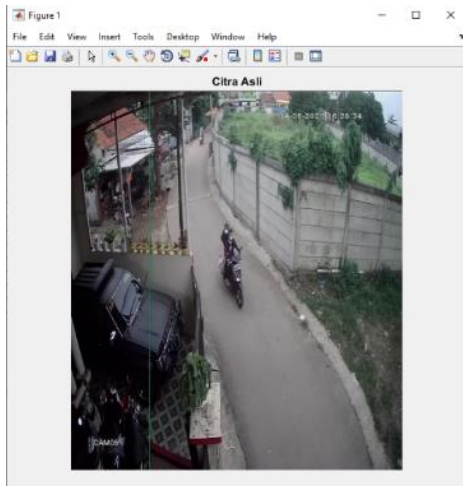
Gambar 9. Tampilan GUI sistem

Tampilan ini sendiri terdiri dari 4 tombol, 1 *radio group*, dan 4 kotak penampilan. 4 tombol terdiri dari “Masukkan Gambar”, “Proses”, “Tampilkan Citra”, dan “Simpan Hasil”. *Radio grup* yang digunakan untuk mengelompokkan jenis *noise* terdiri dari “*Salt and Pepper*”, “*Gaussian Noise*”, dan “*Speckle Noise*”. Sedangkan 4 kotak penampilan citra terdiri dari “Gambar Asli”, “Gambar Noise”, “Hasil Algoritma Wiener”, dan “*Histogram Equalization*”.

Cara kerja dari tiap perintah dari Cara kerja dari tiap perintah dari tampilan ini secara berurut adalah sebagai berikut. Dimulai dengan memasukan citra yang ingin diproses melalui tombol “Masukan Citra”. Setelah itu tampilan “Gambar Asli” dan akan menampilkan hasil citra asli yang dimasukan. Selanjutnya, pilih jenis noise yang ingin disisipkan pada citra objek dengan memilih jenis noise yang tersedia pada *radio group* “Jenis Noise”. Kemudian klik tombol proses dan sistem akan menampilkan citra yang telah diproses tersebut kedalam tampilan kotak “Gambar Noise”, “Hasil Algoritma Wiener” dan “Histogram Equalization”. Jika ingin melihat hasil citra lebih besar, bisa dengan memilih tombol “Tampilkan Citra”. Nantinya sistem akan menampilkan citra asli sampai yang telah di proses oleh Histogram Equalization dengan tampilan masing-masing yang lebih besar. Terakhir, adalah tombol “Simpan Hasil” yang berfungsi untuk menyimpan hasil citra yang telah diproses oleh sistem.

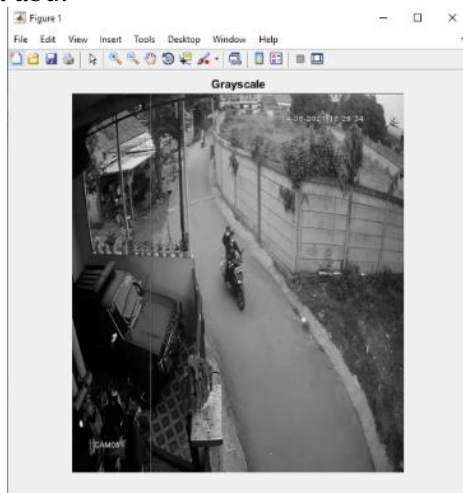
5. Pengujian

Hasil pengkodean yang telah dilakukan akan diuji untuk memastikan bahwa sistem telah bekerja dengan baik. Pengujian pertama yang dilakukan adalah memastikan bahwa sistem telah berhasil menampilkan citra yang dimasukan.



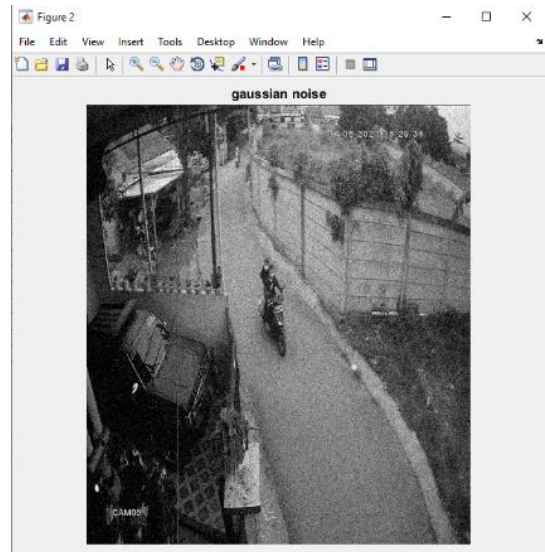
Gambar 10. Citra asli yang ditampilkan sistem

Setelah sistem berhasil menunjukkan citra asli yang dimasukkan oleh pengguna, maka langkah selanjutnya adalah mengubah citra yang berwarna menjadi citra abu.

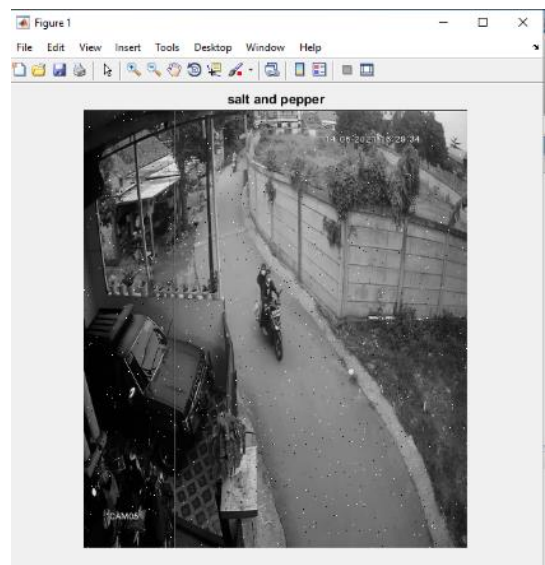


Gambar 11. Citra grayscale yang diolah sistem

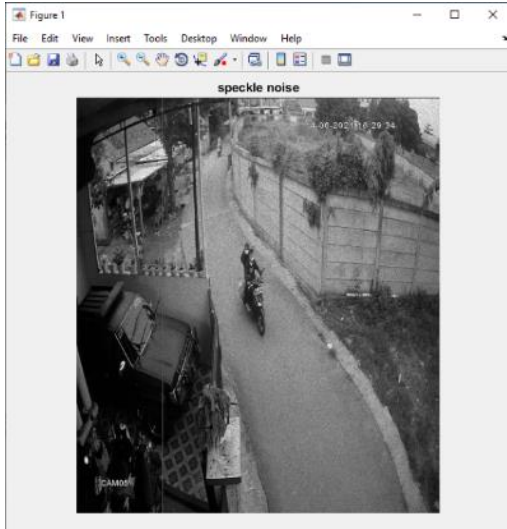
Setelah pengujian fungsi menampilkan citra abu berhasil dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah memberikan *noise* pada citra. *Noise* yang diberikan pada citra adalah 3 jenis *noise*, yaitu *gaussian*, *salt and pepper*, dan *speckle*.



Gambar 12. Citra dengan *Gaussian Noise*

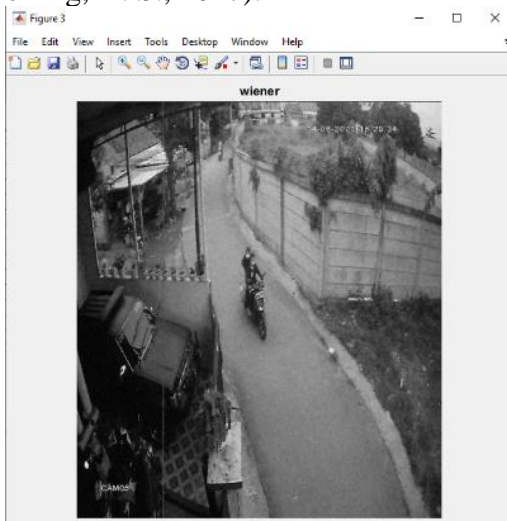


Gambar 13. Citra dengan *Salt and Pepper Noise*



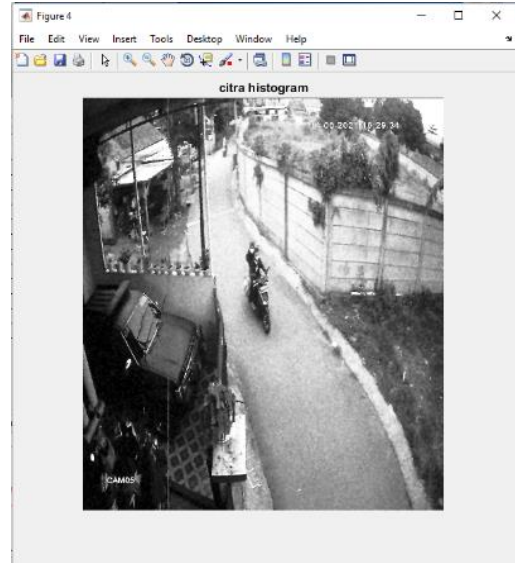
Gambar 14. Citra dengan Speckle Noise

Jika pengujian terhadap 3 jenis noise berhasil dilakukan, maka tahap selanjutnya adalah implementasi algoritma wiener. Implementasi algoritma ini bertujuan untuk mereduksi noise pada citra yang telah diberi pada tahap sebelumnya (Pratama, A., & Sembiring, A. S., 2017).



Gambar 15. Hasil reduksi citra dengan algoritma wiener

Tahap terakhir dari sistem ini adalah perbaikan kualitas citra. Citra yang telah direduksi noise oleh algoritma wiener, ditingkatkan lagi kualitas citra nya agar lebih terang dan jelas dengan *histogram equalization*.



Gambar 16. Hasil citra dengan Histogram Equalization

Berdasarkan hasil urutan pengujian dan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka dapat dikatakan bahwa semua perintah yang terdapat pada tahap pengkodean berjalan dengan baik..

6. Perbandingan Hasil

Setelah dilakukan pengujian maka perbandingan hasil dari runtutan proses program yang telah dijalankan disajikan dalam seperti dibawah ini. Setiap tabel memiliki jenis pengujian yang berbeda-beda.

1. Perbandingan sistem yang dibuat dengan algoritma wiener saja.

Tabel 1 Perbandingan kinerja sistem

Nama Sistem	Hal yang diuji		
	Kecepatan Sistem	Nilai MSE	Nilai PSNR
Algoritma Wiener	2.258 s	20.5752	35.031
Algoritma Wiener + Histogram Equalization	2.956 s	1.6377	46.0225

2. Perbandingan kecepatan sistem terhadap 3 jenis noise.

Tabel 2 Perbandingan kecepatan jenis noise

Nama Sistem	Kecepatan Sistem Terhadap Jenis Noise
-------------	---------------------------------------

	Gaussian	Salt and Pepper	Speckle
Algoritma Wiener	2.258 s	2.386 s	2.335 s
Algoritma Wiener + Histogram Equalization	2.956 s	2.724 s	2.900 s

3. Perbandingan kecepatan kerja sistem terhadap 2 jenis gambar yang berbeda

Tabel 3 Perbandingan terhadap jenis citra

Nama Sistem	Kecepatan Terhadap Jenis Citra	
	Citra Warna	Citra Grayscale
Algoritma Wiener	2.264 s	2.126 s
Algoritma Wiener + Histogram Equalization	2.766 s	2.595 s

Pembahasan

Dari penelitian yang telah dijabarkan diatas, berdasarkan **tabel 3** menyatakan bahwa citra warna memiliki kinerja waktu yang lebih lama jika dibandingkan dengan citra *grayscale*, yaitu 2.766 s dengan 2.595 s. Ini menandakan bahwa citra yang memiliki 3 dimensi warna bekerja lebih lamban terhadap tahapan proses sistem jika dibandingkan citra *grayscale*.

Berdasarkan **tabel 2** dapat dijelaskan bahwa sistem dapat bekerja dengan cepat terhadap *noise Salt and Pepper* diantara 3 jenis *noise* yaitu *Gaussian*, *Salt and Pepper*, dan *Speckle* dengan kecepatan 2.724 s.

Selanjutnya dari data yang diambil dari **tabel 1** dapat dijelaskan bahwa sistem yang diajukan memiliki waktu yang lebih lambat jika dibandingkan dengan hanya menggunakan algoritma *wiener* saja yaitu, 2.956 berbanding

2.258. Namun disamping itu semua sistem yang diajukan memiliki nilai MSE dan PSNR yang lebih unggul jika dibandingkan dengan hanya menggunakan algoritma *wiener* saja. Sistem yang diajukan memiliki nilai MSE dan PSNR sebesar 1.6377 dan 46.0225, sedangkan dengan algoritma *wiener* saja memiliki nilai MSE dan PSNR sebesar 20.5752 dan 32.0314.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal, diantaranya:

1. Algoritma *wiener* dapat digunakan sebagai algoritma yang berfungsi untuk mereduksi *noise* pada citra.
2. Histogram Equalization dapat digunakan untuk menaikkan kualitas citra dengan cara menaikkan kontras pada citra dan menyebarkan tingkat keabuan pada citra. Sehingga, citra yang diimplementasikan dengan Histogram Equalization menjadi lebih terang.
3. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai cara kerja sistem yang diajukan terhadap jenis *noise* yang berbeda, *noise* dengan waktu tercepat diproses oleh sistem adalah *salt & pepper* dengan kecepatan waktu 2.724 s.
4. Sistem yang diajukan memiliki nilai MSE lebih rendah dan PSNR yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan algoritma *wiener* biasa. Namun, sistem yang diajukan memakan waktu yang lebih lama jika dibandingkan dengan algoritma *wiener* biasa, yaitu 2.956 s dengan 2.258 s.

DAFTAR PUSTAKA

Barita, P., & Simangunsong, N. (2017). Reduksi Noise Salt And Pepper Pada Citra Digital Menggunakan Metode ArithMatic Mean Filter. *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer)*, 2(1), 16–18.

- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital Image Processing*. Prentice Hall.
- Heryana, N., & Mayasari, R. (2016). Implementasi Noise Removal Menggunakan Wiener Filter untuk Perbaikan Citra Digital. *Syntax Jurnal Informatika*, 5(2), 159–164.
- Khristanto, T. A. T. (2020). Kedudukan Hukum CCTV Sebagai Alat Bukti Elektronik Setelah Terbitnya Putusan Mahkamah Konstitusi Nomor 20/PUU-XIV/2016 Tanggal 07 September 2016. *Jurnal Hukum: Hukum Untuk Mengatur Dan Melindungi Masyarakat*, 6, 145–155.
- Madenda, S. (2015). *Pengolahan citra dan video digital : teori, aplikasi dan pemrograman menggunakan MATLAB*. Erlangga.
- Munir, R. (2013). Pengantar Pengolahan Citra. *Pengolahan Citra Digital, Bagian 1*, 1–10. <http://rosnigj.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/15431/pendahuluan.pdf>
- Pratama, A., & Sembiring, A. S. (2017). Implementasi Metode Histogram Equalization dan Median Filter Dalam Perbaikan Citra Satelit. *Jurnal Pelita Informatika*, 7(2), 114–119.
- Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital* (Westriningsih (ed.); 1 ed.). ANDI. [https://books.google.co.id/books?id=NectMutqXJAC&lpg=PP1&dq=pengolahan citra digital&pg=PR2#v=onepage&q&f=true](https://books.google.co.id/books?id=NectMutqXJAC&lpg=PP1&dq=pengolahan+citra+digital&pg=PR2#v=onepage&q&f=true)
- Samosir, R. S. (2014). Sistem Restorasi Citra Dokumen Tua Dengan Tulisan Miring Menggunakan Metode Filtering. *Kalbis Scientia : Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(1), 53–60.
- Sari, S. (2019). Penerapan Metode Median Filter untuk Mereduksi Noise Speckle dan Salt & Pepper pada Citra Ortokromatik. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 1(1), 34–41.
- Sidik, Firmansyah, & Anwar, S. (2019). Perbaikan Citra Malam (Tidak Infrared) Dengan Metode Histogram Equalization Dan Contrast Stretching. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer*, 4(2), 203–210.
- Thera, D., Sitorus, S. H., Midyanti, D. M. (2020). *Penerapan Metode Interpolasi Linear Dan Histogram*. 08(01).