

ANALISIS RESTORASI CITRA KABUR ALGORITMA WIENER MENGUNAKAN INDEKS KUALITAS CITRA

Nur Afijat

Sekolah Tinggi Teknik Qomaruddin Gresik
Jl. Raya Bungah No. 1 Bungah - Gresik 61152
e-mail: nurafiyat@gmail.com

ABSTRAK

Adanya degradasi dan tambahan derau pada sebuah citra akan membuat kualitasnya turun. Restorasi citra dibutuhkan untuk mengembalikan kualitas citra agar mirip dengan keadaan aslinya. Kerusakan pada citra yang bisa direstorasi antara lain: citra kabur, citra dengan derau bintik-bintik, dual image, over saturated colour, dan pixel error. Untuk membuat citra kabur (blur) dimodelkan dalam konvolusi antara citra asli dengan point spread function (PSF) yang merupakan spektrum titik atau objek akan menyebar sehingga objek terlihat memudar. Restorasi citra dilakukan dengan cara melewati citra kabur pada sebuah penapis. Pada penelitian ini dibahas restorasi citra menggunakan algoritma Wiener dengan citra masukan yang terdegradasi motion blur dan Gaussian blur. Kualitas citra hasil restorasi dianalisis menggunakan indeks kualitas citra, dengan cara membandingkan citra hasil restorasi terhadap citra asli sebagai referensi. Selanjutnya citra hasil restorasi dijadikan sebagai citra masukan kemudian diproses menggunakan aplikasi Image Index Analysis GUI. Setiap citra masukan harus memiliki resolusi dan dimensi yang sama persis dengan citra referensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan memberikan model kekaburan yang berbeda pada citra yang sama, maka tingkat kabur yang terjadi juga akan berbeda. Indeks kualitas citra hasil restorasi untuk citra yang terdegradasi Gaussian blur lebih tinggi dibandingkan citra hasil restorasi untuk citra yang terdegradasi motion blur. Indeks kualitas citra hasil restorasi untuk citra yang terdegradasi motion blur berkisar antara 0,84229 sampai dengan 0,87146. Indeks kualitas citra hasil restorasi untuk citra yang terdegradasi Gaussian blur berkisar antara 0,86969 sampai dengan 0,90025.

Kata Kunci: Restorasi, citra kabur, PSF, algoritma Wiener, indeks kualitas citra.

ABSTRACT

Degradation and additional noise in an image will make the quality decreases. Image restoration is needed to restore the image quality to be similar to the original state. Damage to the image can restored include: blurred image, the image with noise spots, dual image, over-saturated color, and the pixel error. To make the blur image is modeled as a convolution between the original image with the point spread function (PSF) which is a point or object spectrum will be spread out so that objects appear to fade. Image restoration is done by passing a blurry image on a filter. In this study discussed Wiener image restoration algorithm using the input image is degraded motion blur and Gaussian blur. Quality image restoration results were analyzed using the image quality index, by comparing the image of the restoration of the original image as a reference. Further image restoration results used as the input image is then processed using Index Image Analysis GUI application. Each of the input image must have a resolution and dimensions that are identical to a reference image. The results showed that by providing opaqueness different models on the same image, the degree of blurring that occurs will be different. Image quality index results for the restoration of degraded image higher than the Gaussian blur image of the restoration of degraded image motion blur. Image quality index results for the restoration of degraded image motion blur ranged from 0.84229 up to 0.87146. Image quality index results for the restoration of degraded Gaussian blur images ranging from 0.86969 up to 0.90025.

Keywords: Restoration, blur image, PSF, Wiener algorithm, the image quality index.

I. PENDAHULUAN

PERBAIKAN kualitas citra diperlukan karena seringkali citra yang dijadikan objek mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (noise), citra terlalu gelap/terang, citra kurang tajam, kabur, dan sebagainya. Restorasi citra mengambil peran yang sangat penting, terlebih

pada era citra digital seperti saat ini. Alat-alat optik digital seperti kamera memiliki keterbatasan dalam menangkap citra, sehingga menyebabkan citra yang dihasilkan kabur atau mengalami noise. Adapun noise ini bisa disebabkan oleh keterbatasan perangkat maupun manusia. Citra yang mengandung noise seringkali membatasi informasi berharga yang dibutuhkan ketika analisa citra dilakukan. Itulah

sebabnya *noise* tersebut harus dihilangkan agar memberikan hasil yang optimal.

Degradasi yang dibahas pada penelitian ini adalah pengaburan (*blurring*). Citra yang kabur dapat disebabkan oleh berbagai sebab, misalnya pergerakan selama pengambilan gambar oleh alat optik seperti kamera, penggunaan alat optik yang tidak fokus, penggunaan lensa dengan sudut yang lebar, gangguan atmosfer, pencahayaan yang singkat sehingga mengurangi jumlah foton yang ditangkap oleh alat optik, dan juga sebab lainnya.

Terdapat beberapa teknik yang digunakan untuk menghilangkan keaburan citra (*deblurring*), seperti penapisan dengan beberapa penapis konvensional seperti penapis *Wiener* dan penapis *Butterworth*. Terdapat juga penapis lain untuk merestorasi citra dengan menggunakan metode iteratif, yaitu algoritma *Lucy-Richardson*. Penapis *Wiener* merupakan metode restorasi yang berdasarkan pada *least square*. Penapis ini meminimumkan kesalahan restorasi, yaitu selisih antar citra restorasi dengan citra asli. Penapis ini efektif bila karakteristik frekuensi citra dan derau aditif diketahui [4].

Fokus penelitian ini adalah menganalisis hasil restorasi citra algoritma *Wiener* menggunakan indeks kualitas citra. Alasan digunakannya indeks kualitas ini adalah karena mudah dalam perhitungannya, dapat dipergunakan untuk berbagai operasi pengolahan citra, dan lebih memberikan perbandingan yang berarti dari berbagai macam jenis distorsi citra [6]. Kualitas citra hasil restorasi dianalisis dengan cara membandingkan citra hasil restorasi sebagai citra masukan terhadap citra asli sebagai referensi. Selanjutnya citra hasil restorasi dijadikan sebagai citra masukan kemudian diproses menggunakan aplikasi Image Index Analysis GUI. Setiap citra masukan harus memiliki resolusi dan dimensi yang sama persis dengan citra referensi.

II. RESTORASI CITRA

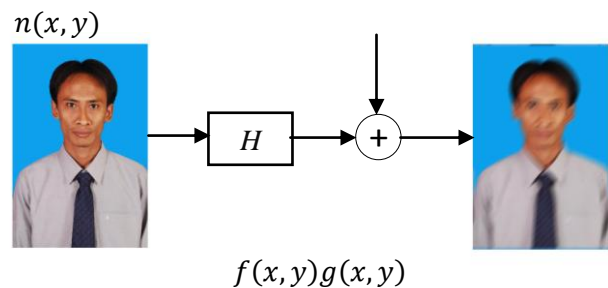
Restorasi citra merupakan proses yang berkaitan dengan pengurangan ataupun penghilangan degradasi/cacat pada sebuah citra agar citra menjadi mirip dengan keadaan aslinya [9]. Restorasi Citra adalah suatu langkah untuk mendapatkan citra yang lebih jelas dari citra yang terdegradasi dengan hanya mengetahui beberapa faktor degradasi dari citra tersebut. Restorasi citra berbeda dengan peningkatan kualitas citra (*image enhancement*) meskipun keduanya sama-sama bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra. *Image enhancement* lebih banyak berhubungan dengan penajaman dari fitur tertentu dalam citra, sedangkan restorasi citra memanfaatkan pengetahuan tentang proses terjadinya degradasi untuk memperoleh

kembali citra asal [11].

A. Degradasi Citra

Citra yang ditangkap oleh alat-alat optik seperti mata, kamera, dan sebagainya sebenarnya merupakan citra yang sudah mengalami degradasi [3]. Gambar 1 memperlihatkan model degradasi yang dalam hal ini $f(x,y)$ merupakan citra asli dan $g(x,y)$ adalah citra terdegradasi. Citra $g(x,y)$ adalah hasil perkalian citra $f(x,y)$ dengan operator distorsi H ditambah dengan derau aditif $n(x,y)$:

$$g(x,y) = Hf(x,y) + n(x,y) \quad (1)$$



Gambar. 1. Model degradasi pada citra.

Derau $n(x,y)$ adalah sinyal aditif yang muncul selama proses akuisisi citra dan menyebabkan citra menjadi rusak (mengalami degradasi). Perhatikan pada model ini mengasumsikan bahwa degradasi invarian secara spasial sehingga dapat dipandang sebagai penapis linier dan sinyal aditif [3]. Secara ringkas, persamaan (1) dapat ditulis sebagai bentuk matriks vektor:

$$G = H * f + n \quad (2)$$

Jika H adalah fungsi dwimatra (2 dimensi), maka persamaan (1) dapat dipandang sebagai konvolusi fungsi ini dengan citra $f(x,y)$ menghasilkan distorsi. Dengan demikian, persamaan 1 dapat ditulis sebagai

$$g(x,y) = H(x,y) * f(x,y) + n(x,y) \quad (3)$$

yang dalam hal ini simbol $*$ menyatakan konvolusi. Dalam domain frekuensi, model degradasi ini dapat ditulis sebagai

$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v) + N(u,v) \quad (4)$$

yang dalam hal ini $G(u,v)$, $H(u,v)$, $F(u,v)$, dan $N(u,v)$ masing-masing adalah transformasi Fourier dari $g(x,y)$, $H(x,y)$, $f(x,y)$, dan $n(x,y)$.

Contoh operator distorsi adalah kernel rerata yang

mengakibatkan cita menjadi kabur (blur), yaitu

$$H = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Kernel ini mengganti pixel yang dikonvolusidengan nilai rata-rata dari 8 pixel tetangganya (pluspixel itu sendiri).

Permasalahan restorasi citra adalah bagaimana melakukanpendekatan hasil pengukuran $f(x,y)$ jika diberikan $g(x,y)$. Kita mengasumsikan bahwa pengetahuan degradasidiketahui dalam bentuk operator H dankarakteristik derau $n(x,y)$ diketahui (berdasarkan informasi statistik) atau dapat diestimasi.Karena permasalahan ini dipandang sebagai permasalahan pendekatan hasil pengukuran, maka kita menentukan $\hat{f}(x,y)$ sebagai estimasi terhadap $f(x,y)$ sedemikian sehingga $\hat{f}(x,y) - f(x,y)$ menjadi minimal.

B. Model Noise

Sumber *noise* pada dasarnya muncul saat proses akuisisi(pendigitalan) dan saat transmisi yangdipengaruhi oleh banyak faktor. *Noise* dalam sistem citra biasanya bersifataditif (*additive*) atau perkalian (*multiplicative*).Untuk yang bersifat aditif, merupakan *noise* denganzero-mean dan *white noise*, *noise* yang kwadranpenempatannya tidak berkorelasi satu sama lain sertabersifat independen [13]. Beberapa contoh *noise* aditif:

1. *Noise* Gaussian, yaitu *noise* statistik yang memiliki fungsi probabilitas kepadatan(probability density function or PDF) setaradengan distribusi normal yang juga dikenaldengan distribusi Gaussian. Bentuk umum daridistribusi Gaussian adalah *noise* Gaussian putih(*white Gaussian*) dengan nilai setiap pasangannya secara statistik independen dan tidak berkorelasi. Fungsi probabilitas kepadatan(probability density function) atau PDF untuk *noise* Gaussian dapat dilihat pada persamaan (5).

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (5)$$

2. *Noise* Rayleigh, yaitu *noise* yang memancarsecara terus menerus (kontinyu) denganmagnitude vektornya berkorelasi dengan arahnya. Fungsi probabilitas kepadatan atau PDF untuk *noise* Rayleigh pada persamaan (6).

$$p(z) = \begin{cases} \frac{2}{b}(z-a)e^{-\frac{(z-a)^2}{b}}, & z \geq 0 \\ 0, & z < 0 \end{cases} \quad (6)$$

3. *Noise* Gamma atau *noise* Erlang, yaitu *noise* acakpseudo random, yang merupakan waktu tungguterhadap order nilai proses Poisson, untuk nilaistokastik suatu kejadian. Fungsi probabilitas kepadatan atau PDF untuk *noise* Gamma atau *noise* Erlang pada persamaan (7).

$$p(z) = \begin{cases} \frac{a^b z^{b-1}}{(b-1)!} e^{-\frac{(z-a)^2}{b}}, & z \geq 0 \\ 0, & z < 0 \end{cases} \quad (7)$$

4. *Noise* eksponensial yaitu *noise* yang senantiasabernilai eksponensial dalam kecepatannya seiringdengan kondisi yang masih dipenuhinya. Fungsi probabilitas kepadatan atau PDF untuk *noise*eksponensial pada persamaan (8).

$$p(z) = \begin{cases} ae^{-az}, & z \geq 0 \\ 0, & z < 0 \end{cases} \quad (8)$$

5. *Noise* uniform atau quantization *noise* adalah*noise* yang disebabkan nilai pendekatan dalamrentang nilai tertentu. Fungsi probabilitas kepadatan atau PDF untuk *noise*uniform pada persamaan (9).

$$p(z) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{untuk } a \leq z \leq b \\ 0, & \text{untuk lainnya} \end{cases} \quad (9)$$

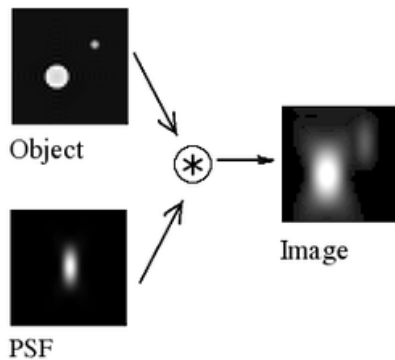
6. *Noise* Salt-Pepper dikenal juga dengan *noise*impulsive atau *noise* spike yaitu nilai sesaat yangdiluar kewajaran. Fungsi probabilitas kepadatan atau PDF untuk *noise*Salt-Pepper pada persamaan (10).

$$p(z) = \begin{cases} P_a, & \text{untuk } z = a \\ P_b, & \text{untuk } z = b \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases} \quad (10)$$

C. Point Spread Function (PSF)

Untuk membuat citra blur biasanya dimodelkan dalam konvolusi antara citra asli dengan *point spread function* dimana spektrum titik atau objek akan menyebar sehingga objek terlihat memudar. Blur alami biasanya terjadi akibat adanya bayangan contoh kabut, gerakan objek saat pengambilan gambar dengan kamera, ataupun citra yang menyebar ataupun optik yang tidak fokus Citra terblur dapat ditulis seperti pada

persamaan (3).



Gambar. 2. Citra blur hasil konvolusi objek dengan PSF (wikipedia).

Pada restorasi citra, PSF merupakan faktor penting karena PSF menggambarkan distorsi. Pada persamaan (3), citra terdegradasi dapat kita tulis sebagai:

$$\text{Citra terdegradasi} = \text{citra asli} * \text{PSF} + \text{derau aditif}$$

Sehingga berdasarkan model degradasi pada persamaan (3), pekerjaan utama pada deblurring adalah dekonvolusi citra kabur (blur) dengan PSF [3]. Dekonvolusi adalah proses yang membalikkan efek konvolusi. Dengan kata lain, kualitas citra hasil deblurring terutama ditentukan oleh pengetahuan PSF.

Untuk melihat efek PSF, dilakukan eksperimen dengan menggunakan Matlab. Sebuah citra “PasFoto” yang bagus dibuat menjadi kabur dengan cara mengkonvolusinya dengan PSF. Terdapat 2 jenis PSF yang digunakan, pertama PSF motion blur yaitu kekaburan gambar yang diakibatkan oleh gerakan alat optik pada proses akuisisi. Kedua, PSF gaussian. Di dalam Matlab, fungsi “fspecial” menghasilkan PSF. Fungsi “imfilter” mengkonvolusi PSF tersebut dengan citra asli, untuk menghasilkan citra kabur dipakai “Blurred”. Untuk lebih lengkapnya kode Matlabnya adalah sebagai berikut:

```
I = imread('PasFoto.jpg');
figure; imshow(I); title('Citra asli');
LEN = 45; % Panjang blur (satuan: pixel)
THETA = 45; % sudut blur (satuan: derajat)
PSF1 = fspecial('motion', LEN, THETA);
Blurred = imfilter(I, PSF1, 'conv', 'circular'); % Pengaburan
figure; imshow(Blurred);
title('Citra terdegradasi (motion blur)');
```

```
PSF2 = fspecial('gaussian', 20, 20);
Blurred = imfilter(I, PSF2, 'conv', 'circular'); % Pengaburan
figure; imshow(Blurred);
title('Citra terdegradasi (gaussian blur)');
```



(a)



(b)



(c)

Gambar. 3. (a) Citra asli PasFoto, (b) citra PasFoto yang terdegradasi PSF *motion blur* (c) citra PasFoto yang terdegradasi *Gaussian blur*.

D. Filter Wiener

Salah satu cara mendapatkan hasil restorasi citra yang optimum dapat ditempuh dengan menggunakan filter Wiener, dengan melihat kenyataan bahwa setiap filter Wiener telah lebih dahulu memiliki pemahaman nilai *power spectral density* yaitu suatu citra dengan taksiran *noise* dan gangguan lain belum terdata, sehingga perlu menaksir nilai *power spectral density*-nya. Cara menaksirnya dapat ditempuh dengan menggunakan algoritma iterasi, yaitu citra terdegradasi digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan nilai

restorasinya. Nilai yang didapat dalam restorasi citra digunakan lagi sebagai nilai acuan baru untuk restorasi citra yang baru lagi, sehingga proses demikian terus berlangsung secara iteratif hingga tercapai nilai konvergen yang diinginkan [13].

Filter Wiener adalah metode restorasi yang berdasarkan pada *least square*. Filter ini meminimumkan kesalahan restorasi, yaitu selisih antar citra restorasi dengan citra asli. Filter ini efektif bila karakteristik frekuensi citra dan derau aditif diketahui. Jika tidak ada derau aditif, filter Wiener menjadi filter yang ideal [3]. Filter Wiener dalam domain frekuensi dapat dilihat pada persamaan (11).

$$H_W(u, v) = \frac{H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + \frac{S_n(u, v)}{S_f(u, v)}} \quad (11)$$

$S_n(u, v)$ merupakan power spectra dari derau aditif $S_f(u, v)$ merupakan citra masukan, sedangkan untuk $H^*(u, v)$ menyatakan konjugasi dari operator *blurring*, H . Cara yang umum digunakan untuk memperoleh *power spectra* adalah dengan menggunakan transformasi Fourier dan mengambil kuadrat dari magnitudo koefisien kompleksnya. Jika $S_n(u, v)$ dan $S_f(u, v)$ tidak diketahui atau tidak dapat diestimasi maka filter Wiener dapat didekati dengan persamaan (12).

$$H_W(u, v) = \frac{H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + K} \quad (12)$$

dalam hal ini K menyatakan konstanta yang dispesifikasikan oleh pengguna. Dengan menggunakan filter Wiener, maka citra restorasi diperoleh dengan mengalikan filter tersebut dengan citra masukan:

$$\hat{F}(u, v) = H_W(u, v) \cdot G(u, v) \quad (13)$$

III. INDEKS KUALITAS CITRA

Untuk mengukur citra hasil restorasi pada penelitian ini digunakan parameter indeks kualitas citra. Indeks kualitas citra ini diperkenalkan oleh Zou Wang dan Alan C. Bovik ilmuwan dari The University of Texas. Alasan penggunaan indeks kualitas ini adalah karena mudah dalam perhitungannya, dapat memberikan perbandingan yang berarti dari berbagai macam jenis distorsi citra. Cara analisis kualitas citra menggunakan indeks kualitas citra adalah membandingkan citra hasil restorasi sebagai citra masukan terhadap citra asli sebagai referensi. Setiap citra masukan harus memiliki resolusi dan dimensi

yang sama persis dengan citra referensi [1].

Berikut ini penjabaran rumus indeks kualitas citra. Misalkan $x = (x_i | i = 1, 2, \dots, N)$ dan $y = (y_i | i = 1, 2, \dots, N)$ berturut-turut adalah citra asli dan citra masukan yang akan diuji. Indeks kualitas didefinisikan sebagai berikut:

$$Q = \frac{4\sigma_{xy}\bar{x}\bar{y}}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)[(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2]} \quad (14)$$

$$\text{dimana,} \quad \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i,$$

$$\sigma^2 x = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2,$$

$$\sigma^2 y = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2,$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

cakupan yang dinamik dari Q adalah $[-1, 1]$. Harga terbaik 1 dicapai jika dan hanya jika $y_i = x_i$ untuk semua $i = 1, 2, \dots, N$. Harga terendah adalah -1 terjadi ketika $y_i = 2\bar{x} - x_i$ untuk semua $i = 1, 2, \dots, N$.

IV. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif eksperimen. Metode ini bersifat validasi atau menguji, yaitu menguji pengaruh satu atau lebih variabel terhadap variabel lain.

B. Bahan Penelitian

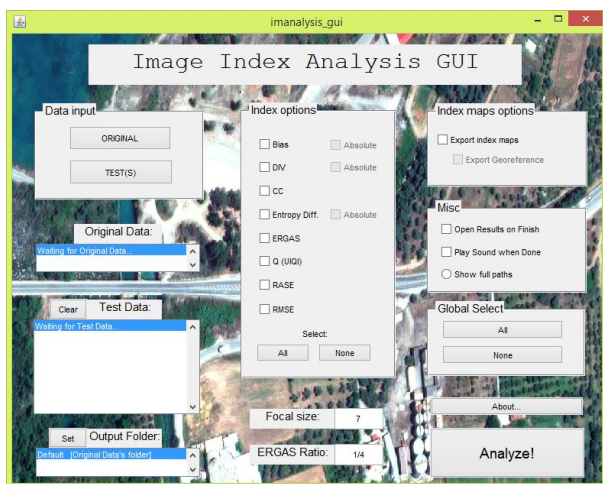
Citra "PasFoto" berukuran 685 x 1024 piksel dengan 256 derajat keabuan.



Gambar. 4. Citra “PasFoto” sebagai bahan penelitian

C. Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

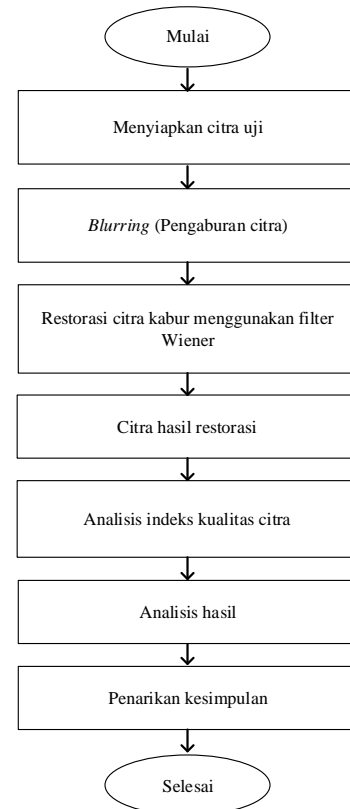
Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah Personal Komputer dengan spesifikasi : Intel Pentium dual core, RAM 4 GB, HDD 500 GB. Perangkat lunak yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah Sistem Operasi Windows 832-bit, Matlab R2013a dan aplikasi Image Index Analysis GUI.



Gambar. 5. Antarmuka aplikasi Image Index Analysis GUI.

D. Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian ini sesuai dengan diagram alir pada Gambar 6.



Gambar. 6. Diagram alir penelitian.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal yang dilakukan dalam mencapai tujuan yaitu menyiapkan citra uji. Citra uji yang dipilih adalah citra “PasFoto”, seperti terlihat pada gambar 4. Setelah itu citra uji tersebut diberi efek kabur yaitu motion blur dan Gaussian blur, masing-masing dengan tingkat kekaburan yang berbeda. Selanjutnya masing-masing citra dengan efek kekaburan yang berbeda tersebut diperbaiki dengan algoritma Wiener.

Kode untuk membangkitkan efek kabur diperlihatkan di bawah ini:

`% 1. Membangkitkan Motion Blur`

```

% Len = 15 Theta = 15
LEN1 = 15; % Panjang blur (satuan:
pixel)
THETA1 = 15; % sudut blur (satuan:
derajat)
PSF1 = fspecial('motion', LEN1, THETA1);
Blurred1 = imfilter(I, PSF1, 'conv',
'circular');
figure; imshow(Blurred1);
title('Citra Pas Foto Terdegradasi
Motion Blur, Len = 15 Theta = 15');
    
```

`% Len = 30 Theta = 30`

```

LEN2 = 30; % Panjang blur (satuan:
pixel)
THETA2 = 30; % sudut blur (satuan:
derajat)
PSF2 = fspecial('motion', LEN2, THETA2);
Blurred2 = imfilter(I, PSF2, 'conv',
'circular');
figure; imshow(Blurred2);
title('Citra Pas Foto Terdegradasi
Motion Blur, Len = 30 Theta = 30');

% Len = 45 Theta = 45
LEN3 = 45; % Panjang blur (satuan:
pixel)
THETA3 = 45; % sudut blur (satuan:
derajat)
PSF3 = fspecial('motion', LEN3, THETA3);
Blurred3 = imfilter(I, PSF3, 'conv',
'circular');
figure; imshow(Blurred3);
title('Citra Pas Foto Terdegradasi
Motion Blur, Len = 45 Theta = 45');

% 2. Membangkitkan Gaussian Blur

% Mask 10 x 10
PSF4 = fspecial('gaussian', 10, 10);
Blurred4 = imfilter(I, PSF4,
'circular','conv');
figure; imshow(Blurred4); title('Citra
Pas Foto Terdegradasi Gaussian Blur 10 x
10')

% Mask 15 x 15
PSF5 = fspecial('gaussian', 15, 15);
Blurred5 = imfilter(I, PSF5,
'circular','conv');
figure; imshow(Blurred5); title('Citra
Pas Foto Terdegradasi Gaussian Blur 15 x
15')

% Mask 20 x 20
PSF6 = fspecial('gaussian', 20, 20);
Blurred6 = imfilter(I, PSF6,
'circular','conv');
figure; imshow(Blurred6); title('Citra
Pas Foto Terdegradasi Gaussian Blur 20 x
20')
    
```

Sedangkan kode untuk melakukan restorasi citra dengan menggunakan algoritma Wiener diperlihatkan dibawah ini:

```

% Restorasi citra menggunakan Wiener
Filter





% 1. Restorasi Motion Blur
wnr1 = deconvwnr(Blurred1, PSF1);
figure; imshow(wnr1);
title('Citra Pas Foto Hasil Restorasi
Motion Blur, Len = 15 Theta = 15');
wnr2 = deconvwnr(Blurred2, PSF2);
figure; imshow(wnr2);
title('Citra Pas Foto Hasil Restorasi
Motion Blur, Len = 30 Theta = 30');
wnr3 = deconvwnr(Blurred3, PSF3);
figure; imshow(wnr3);
title('Citra Pas Foto Hasil Restorasi
Motion Blur, Len = 45 Theta = 45');

% 2. Restorasi Gaussian Blur
wnr4 = deconvwnr(Blurred4, PSF4);
figure; imshow(wnr4);
title('Citra Pas Foto Hasil Restorasi
Gaussian Blur, 10 x 10');
wnr5 = deconvwnr(Blurred5, PSF5);
figure; imshow(wnr5);
title('Citra Pas Foto Hasil Restorasi
Gaussian Blur, 15 x 15');
wnr6 = deconvwnr(Blurred6, PSF6);
figure; imshow(wnr6);
title('Citra Pas Foto Hasil Restorasi
Gaussian Blur, 20 x 20');
    
```

Tabel 1. dan 2. di bawah ini menunjukkan secara visual hasil dari pemberian efek kabur pada Citra “PasFoto” dengan efek motion blur dan Gaussian blur dengan tiga tingkat kekaburan yang berbeda. Disampingnya juga diperlihatkan hasil restorasinya dengan menggunakan algoritma Wiener.

Secara visual terlihat bahwa algoritma Wiener dapat memperbaiki efek kabur yang dibangkitkan. Hasil restorasi citra di sebelahnya menunjukkan bahwa setelah dilakukan restorasi, citra terlihat lebih jelas dan lebih tajam. Untuk mengetahui kualitas citra yang dihasilkan proses restorasi, maka dilakukan analisa indeks kualitas terhadap citra hasil restorasi dengan cara menjadikan citra hasil restorasi sebagai citra masukan dan citra asli sebagai citra referensi pada aplikasi Image Index Analysis GUI. Hasil analisis indeks kualitas citra dapat dilihat pada tabel 3. dan 4.

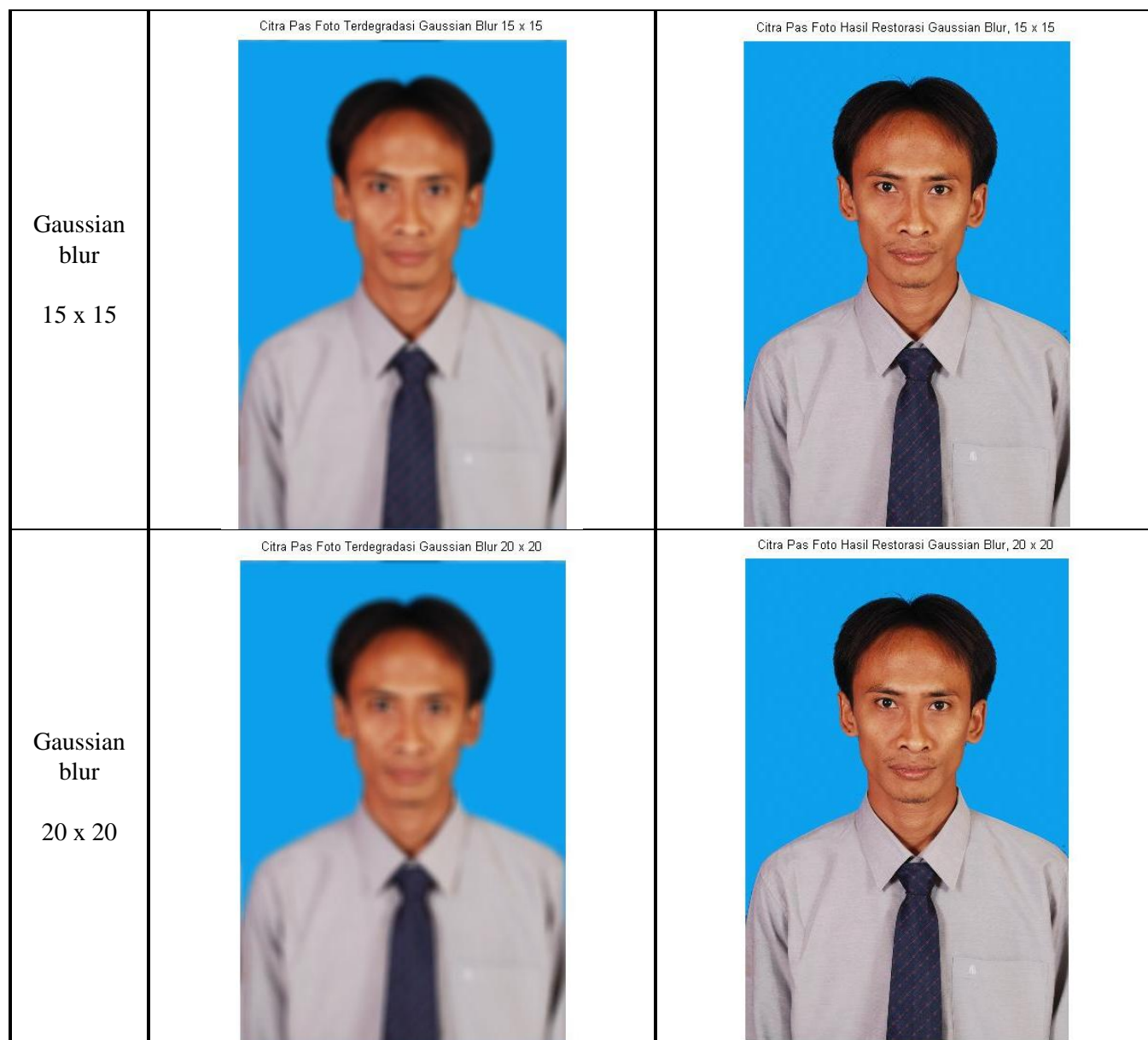
Tabel 1. Hasil efek motion blur dan restorasinya dengan algoritma wiener

| Efek kabur | Citra terdegradasi motion blur | Citra hasil restorasi menggunakan algoritma Wiener |
|--|---|---|
| Motion blur Len = 15, Theta = 15 | Citra Pas Foto Hasil Restorasi Motion Blur, Len = 15 Theta = 15  | Citra Pas Foto Hasil Restorasi Motion Blur, Len = 15 Theta = 15  |
| Motion blur Len = 30, Theta = 30 | Citra Pas Foto Terdegradasi Motion Blur, Len = 30 Theta = 30  | Citra Pas Foto Hasil Restorasi Motion Blur, Len = 30 Theta = 30  |

| | | |
|--|---|---|
| <p>Motion blur</p> <p>Len = 45, Theta = 45</p> | <p>Citra Pas Foto Terdegradasi Motion Blur, Len = 45 Theta = 45</p>  | <p>Citra Pas Foto Hasil Restorasi Motion Blur, Len = 45 Theta = 45</p>  |
|--|---|---|

Tabel 2. Hasil efek Gaussian blur dan restorasinya dengan algoritma wiener

| Efek kabur | Citra terdegradasi Gaussian blur | Citra hasil restorasi menggunakan algoritma Wiener |
|-------------------------------------|---|--|
| <p>Gaussian blur</p> <p>10 x 10</p> | <p>Citra Pas Foto Terdegradasi Gaussian Blur 10 x 10</p>  | <p>Citra Pas Foto Hasil Restorasi Gaussian Blur, 10 x 10</p>  |



Tabel 3. Nilai indeks kualitas untuk citra asli, citra terdegradasi motion blur, dan citra hasil restorasi.

| Citra Asli PasFoto | Citra Pas Foto Terdegradasi Motion Blur, Len=15 Theta=15 | Citra Pas Foto Terdegradasi Motion Blur, Len=30 Theta=30 | Citra Pas Foto Terdegradasi Motion Blur, Len=45 Theta=45 | Citra Pas Foto Hasil Restorasi Motion Blur, Len=15 Theta=15 | Citra Pas Foto Hasil Restorasi Motion Blur, Len=30 Theta=30 | Citra Pas Foto Hasil Restorasi Motion Blur, Len=45 Theta=45 |
|--------------------|--|--|--|---|---|---|
| 1 | 0,78226 | 0,67006 | 0,63220 | 0,85799 | 0,84229 | 0,87146 |

Tabel 4. Nilai indeks kualitas untuk citra asli, citra terdegradasi Gaussian blur, dan citra hasil restorasi.

| Citra Asli PasFoto | Citra Pas Foto Terdegradasi Gaussian Blur 10x10 | Citra Pas Foto Terdegradasi Gaussian Blur 15x15 | Citra Pas Foto Terdegradasi Gaussian Blur 20x20 | Citra Pas Foto Hasil Restorasi Gaussian Blur, 10x10 | Citra Pas Foto Hasil Restorasi Gaussian Blur, 15x15 | Citra Pas Foto Hasil Restorasi Gaussian Blur, 20x20 |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,77046 | 0,69826 | 0,67491 | 0,90025 | 0,86969 | 0,88156 |

Dari tabel 3. Dan 4. terlihat bahwa dengan memberikan model kekaburan yang berbeda pada citra yang sama, maka tingkat kabur yang terjadi juga akan berbeda. Sebagai contoh, dengan

memberikan motion blur dengan len = 15 dan theta = 15, maka didapat indeks kualitas citra sebesar 0,78226. Sedangkan apabila citra diberi Gaussian blur dengan mask 10 x 10 maka indeks kualitas citranya sebesar

0,77046. Untuk citra “PasFoto” asli sebagai referensi memiliki indeks kualitas citra sebesar 1 yaitu harga terbaik pada indeks kualitas citra.

Secara keseluruhan hasil restorasi citra yang didapat menggunakan algoritma Wiener pada motion blur dan Gaussian blur menunjukkan bahwa restorasi citra yang terdegradasi Gaussian blur memiliki indeks kualitas citra yang lebih tinggi dibandingkan citra hasil restorasi yang terdegradasi motion blur.

VI. KESIMPULAN

1. Dengan memberikan model kekaburan yang berbeda pada citra yang sama, maka tingkat kabur yang terjadi juga akan berbeda.
2. Indeks kualitas citra hasil restorasi untuk citra yang terdegradasi Gaussian blur lebih tinggi dibandingkan citra hasil restorasi untuk citra yang terdegradasi motion blur.
3. Indeks kualitas citra hasil restorasi untuk citra yang terdegradasi motion blur berkisar antara 0,84229 sampai dengan 0,87146.
4. Indeks kualitas citra hasil restorasi untuk citra yang terdegradasi Gaussian blur berkisar antara 0,86969 sampai dengan 0,90025.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wang, Z., & Bovik, A. C. (2002). A universal image quality index. *IEEE signal processing letters*, 9(3), 81-84.
- [2] Mrak, M., Grgic, S., & Grgic, M. (2003, September). Picture Quality Measures In Image Compression Systems. In *EUROCON 2003. Computer as a Tool. The IEEE Region 8 (Vol. 1, pp. 233-236)*. IEEE.
- [3] Munir, R. (2006). Restorasi Citra Kabur dengan Algoritma Lucy-Richardson dan Perbandingannya dengan Penapis Wiener. In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*.
- [4] Effendi, H. (2009). Restorasi Citra Kabur (Blur) Menggunakan Algoritma Wiener.
- [5] Iqbal, M., Trinugroho, I. A., & Karyati, Y. (2010, December). Sistem Akuisisi Citra Stereo menggunakan Matlab. In *Seminar on Application and Research in Industrial Technology, SMART Yogyakarta*, 22 Juli 2009.
- [6] Niam, B., Hidayatno, A., & Isnanto, R. R. (2011). Analisis Deteksi Tepi Pada Citra Berdasarkan Perbaikan Kualitas Citra (Doctoral dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik).
- [7] Wibowo, E., Isnanto, R., & Zahra, A. A. (2013). Perbandingan Kinerja Operator Sobel dan Laplacian of Gaussian (LoG) terhadap Acuan Canny untuk Mendeteksi tepi Citra.
- [8] Wedianto, A., & Sari, H. L. (2016). Analisa Perbandingan Metode Filter Gaussian, Mean Dan Median Terhadap Reduksi Noise. *Media Infotama*, 12(1).
- [9] Review Paper Pemulihan Citra Blur Menggunakan Metode Lucy-Richardson dan Filter Wiener.
- [10] Ismawaty¹, A., & Dharma, E. M. Analisis dan Implementasi Deblurring Pada Citra Digital Menggunakan Inverse Filtering.
- [11] Ardi, T. P., Hidayat, B., & Saputri, D. M., (2011). Analisis Performansi Restorasi Citra Menggunakan Algoritma Lucy Richardson dan Wiener Filter Sebagai Pembanding. (Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Telkom).
- [12] Purwananto, Y., Soelaiman, R., & Rahmat, A. M., (2010) Restorasi Citra Dengan Menggunakan Metode Iteratif Lanczos-Hybrid Regularization. (Tugas Akhir, Teknik Informatika, ITS Surabaya).
- [13] Kusban, Muhammad., Restorasi Image dengan metode Wiener dan Lucy-Richardson. (2011).

BIODATA

Nur Afyiat, S.T., M.T. Lahir di Gresik, 08 Januari 1978. Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik Qomaruddin (STTQ) Gresik., Magister Teknik di Telekomunikasi Multimedia Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Staf Pengajar Program Studi Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik Qomaruddin (STTQ) Gresik.sejak tahun 2009.