

Komparasi Proses Debluring Citra Antara Algoritma Lucy-Richardson dan Wiener Filter

Yesaya Purwocaroko, Karmilasari dan Novrina

Jurusan Teknik Informatik, Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya 100 Depok 16424
yesayacako@gmail.com, 2,3{karmila,novrina}@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Restorasi citra merupakan teknik pemrosesan citra yang bertujuan untuk meminimumkan cacat pada citra, sehingga citra terlihat lebih baik. Deblurring merupakan salah satu operasi restorasi citra yang bertujuan untuk mengurangi efek blur pada citra sehingga kualitas citra yang menurun dapat diperbaiki. Efek blur dapat terjadi akibat pergerakan media digital maupun fokus lensa yang kurang tepat pada saat pengambilan gambar. Di dalam pengolahan citra, efek tersebut disimulasikan dengan menggunakan motion blur dan gaussian blur. Metode yang digunakan dalam operasi deblurring diantaranya adalah metode Lucy-Richardson dan Wiener Filter. Tujuan dari penulisan ini adalah melakukan uji terhadap kedua metode tersebut untuk mengetahui metode mana yang lebih baik dalam merestorasi sebuah citra kabur. Metode Lucy-Richardson merupakan salah satu metode deblurring yang menggunakan proses iterasi. hingga hasil citra yang diperoleh mencapai kriteria yang maksimal. Metode Wiener melakukan proses restorasi dengan meminimumkan galat restorasi. Dari hasil pengujian yang dilakukan, kedua metode menunjukkan kemampuan yang baik dalam merestorasi citra blur. Hal ini dapat dilihat dari citra hasil restorasi masing-masing metode. Namun dalam perhitungan menggunakan nilai PSNR (Peak Signal Noise to Rasio), metode Lucy-Richardson memiliki nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan metode Wiener Filter. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa metode Lucy-Richardson lebih baik merestorasi citra blur dibandingkan Wiener Filter.

Kata Kunci : Deblurring, Gaussian, Blur, Lucy-Richardson Filter, Wiener Filter

Pendahuluan

Penggunaan citra digital yang semakin pesat bukan berarti bahwa citra tersebut selalu memiliki kualitas yang sempurna. Media digital dalam menghasilkan citra digital memiliki keterbatasan yang mempengaruhi kualitas citra digital, misalnya pengambilan citra dengan lensa kamera yang tidak fokus atau pengambilan citra ketika objek sedang bergerak. Hal tersebut dapat menimbulkan efek blur yang mengakibatkan degradasi citra atau penurunan kualitas citra. Efek blur ini menyebabkan citra terlihat kotor dan bisa saja menghilangkan suatu informasi yang terkandung di dalamnya. Oleh karena itu diperlukan suatu proses untuk menanggulangi permasalahan tersebut. Deblurring merupakan salah satu operasi restorasi citra yang bertujuan untuk mengurangi efek blur pada citra sehingga kualitas citra yang menurun dapat diperbaiki [1][2][3].

Proses deblurring memanfaatkan pengetahuan tentang proses terjadinya citra terdegradasi, sehingga proses ini sangat efektif bila penyebab degradasi citra diketahui. Operasi deblurring berorientasi pada pemodelan degradasi dan melakukan proses kebalikan dari degradasi dalam merestorasi citra. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam operasi deblurring, misalnya pemfilteran dengan Lucy-Richardson, Wiener Filter dan lain sebagainya. Metode Lucy-Richardson merupakan salah satu metode deblurring yang menggunakan proses iterasi. Prinsip kerja dari algoritma ini adalah melakukan estimasi iterasi yang ditentukan dan mengalikannya dengan citra koreksi. Iterasi dapat dilakukan hingga hasil citra yang diperoleh mencapai kriteria yang maksimal. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Yeka Hendriyani [4], menyebutkan bahwa metode Lucy-Richardson cukup baik dalam

merestorasi citra kabur menggunakan proses restorasinya sebanyak 20 kali iterasi. Citra yang direstorasi pun menggunakan efek Gaussian blur dan Motion blur. Berbeda dengan metode Lucy-Richardson, metode Wiener tidak menggunakan iterasi dalam proses restorasi. Metode ini meminimumkan galat restorasi, yaitu selisih antara citra restorasi dengan citra asli. Metode ini juga dapat meminimalkan efek noise di dalam citra yang termasuk dalam proses restorasi citra [5]. Berdasarkan uraian di atas, menarik untuk diteliti, metode manakah yang lebih efektif dalam merestorasi citra antara metode Lucy-Richardson dengan metode Wiener. Sebagai perangkat bantu untuk melihat komparasi antara kedua metode tersebut digunakan perangkat lunak MatLab.

Tinjauan Pustaka

Pengolahan Citra

Pengolahan Citra adalah suatu proses yang bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia dan mesin (Komputer) [6]. Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain yang memiliki kualitas lebih baik sehingga bentuk input dan output berupa citra itu sendiri, seperti tampak pada gambar 1.



Gambar 1: Operasi Pengolahan Citra

Dalam pengolahan citra, terdapat beberapa teknik operasi yang digunakan, diantaranya adalah : perbaikan kualitas citra (image enhancement), pemugaran citra (image restoration), pengorakan citra (image analysis), rekonstruksi citra (image reconstruction), pemampatan citra (image compression), segmentasi citra (image segmentation) Salah satu operasi pengolahan citra adalah pemugaran citra (image restoration). Operasi ini bertujuan menghilangkan/ meminimumkan cacat pada citra. Tujuan pemugaran citra hampir sama dengan operasi perbaikan citra. Bedanya, pada pemugaran citra penyebab degradasi gambar diketahui. Contoh-contoh operasi pemugaran citra:

- Penghilangan kesamaran (deblurring).
- penghilangan derau (noise) Kekaburan gambar

mungkin disebabkan pengaturan fokus lensa yang tidak tepat atau kamera bergoyang pada pengambilan gambar. Melalui operasi deblurring, kualitas citra masukan dapat diperbaiki sehingga tampak lebih baik.

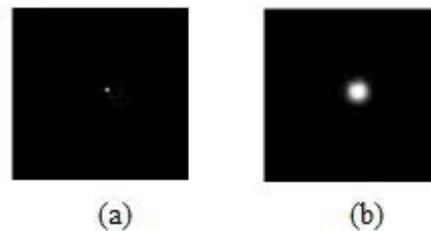
Blur pada Citra

Blur (kesamaran) pada citra merupakan salah satu proses degradasi citra yang direpresentasikan melalui model seperti berikut :

$$g(i, j) = (f * h)(i, j) + v(i, j) \quad (1)$$

dimana f merepresentasikan citra asli, h adalah PSF (Point Spread Funtion) dan, v yang merupakan additive noise. Notasi (i,j) adalah koordinat pixel citra dan $*$ merepresentasikan operator konvolusi. Blur atau efek kabur pada citra dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya :

- Adanya gerakan selama proses pengambilan gambar dengan menggunakan kamera.
- Fokus yang tidak tepat terhadap lensa kamera yang digunakan untuk menangkap citra.
- Distorsi cahaya terhadap citra.



Gambar 2: Point Spread Function pada citra yang ditangkap teleskop.: (a) Citra bintang seharusnya, (b) Citra bintang yang diamati akibat distorsi PSF

Fungsi Sebaran Titik atau Point Spread Function (PSF)

PSF ini dapat dijelaskan secara sederhana dengan contoh citra bintang yang ditangkap oleh teleskop sebagai berikut: jika segala sesuatu sempurna (misalnya optik teleskop yang sempurna, sudut penglihatan yang sempurna), maka citra bintang hanya berupa pixel tunggal seperti ditunjukkan pada Gambar 2(a). Tetapi, nyatanya, karena segala ketidaksempurnaan,

citra bintang yang diamati menyebar pada beberapa pixel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2(b). Inilah yang dikenal dengan nama point spread function.

Dalam persamaan model dua dimensi, terlihat bahwa PSF atau operator konvolusi berperan dalam menghasilkan suatu data keluaran. PSF merupakan faktor penting pada restorasi citra, karena PSF menggambarkan distorsi. Citra terdegradasi (citra') dapat ditulis sebagai persamaan berikut :

$$citra' = citraasli * PSF + derauaditif \quad (2)$$

Berdasarkan model degradasi pada persamaan di atas, pekerjaan mendasar pada proses deblurring adalah dekonvolusi citra kabur dengan menggunakan PSF. Dekonvolusi itu sendiri merupakan proses yang membalikan efek konvolusi. Oleh karena itu pengetahuan akan PSF merupakan hal penting ketika ingin menentukan operator dekonvolusi yang akan digunakan untuk proses dekonvolusi. Operator konvolusi merupakan filter inversi dari operator konvolusinya. Dengan demikian maka kualitas citra hasil deblurring terutama ditentukan oleh pengetahuan PSF. Di dalam program Matlab, terdapat beberapa jenis dari PSF, misalnya terdapat fungsi gaussian dan fungsi motion. Fungsi gaussian dalam PSF berguna untuk membangkitkan suatu gaussian blur pada suatu citra dengan contoh seperti penangkapan citra dengan menggunakan lensa yang kurang fokus dalam kehidupan sehari-hari. Fungsi motion berfungsi untuk membangkitkan jenis blur seperti gambar bergerak ketika proses pengambilan citra. Dari fungsi-fungsi tersebutlah diharapkan dapat memperbaiki citra yang akan diproses.

Jenis Blurring (Pengaburan)

Blurring (Pengaburan) yaitu filter spasial low-pass yang melenyapkan detil halus dari suatu citra. Ada dua jenis blurring pada citra, yaitu :

- a. **Motion Blur**, jenis blur ini adalah jenis blur yang memberikan efek kabur pada citra seperti benda yang bergerak. Pada MATLAB, untuk menggunakan efek kabur ini kita harus mengatur LEN dan THETA dari efek kabur ini. LEN mewakili panjang dari efek kabur

yang akan diterapkan pada citra sedangkan THETA mewakili sudut dari efek kabur yang akan diterapkan pada citra.



Gambar 3: Citra Motion Blur (Sumber : http://www.math.tau.ac.il/~turkel/cameraman_motion.jpg)

- b. **Gaussian Blur**, jenis blur ini adalah jenis blur yang memberikan efek kabur pada citra seperti kamera yang kurang fokus pada objek. Pada matlab, untuk menggunakan efek kabur ini kita harus mengatur mask dari efek kabur ini. mask ini berfungsi untuk pengaturan seberapa besar efek kabur yang akan diterapkan pada citra. Misalnya Convolution mask yang digunakan berukuran 3x3, kernel yang digunakan oleh Gaussian blur seperti yang tampak pada gambar 4 dibawah ini :

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$



Gambar 4: . Citra asli dan citra Gaussian Blur (Sumber : <http://gfxprim.ucw.cz/filters.html>)

Deblurring

Deblurring (penghilangan kesamaran) merupakan salah satu operasi pengolahan citra yang termasuk kedalam bidang Pemugaran citra (image restoration). Deblurring merupakan

proses kebalikan dari blurring (proses memberikan efek blur pada citra). Deblurring dilakukan untuk memperbaiki sebuah citra yang cacat atau terdegradasi oleh karena faktor blur. Blur dapat disebabkan pengaturan lensa yang tidak tepat atau Bergeraknya kamera pada saat proses pengambilan gambar.

Untuk melakukan proses deblurring, maka diperlukan informasi penyebab dari citra yang terdegradasi. Dalam penelitian ini, penyebab dari degradasi citra adalah faktor PSF, dimana PSF bertindak sebagai operator konvolusi degradasi citra. Setelah diketahui nilai PSF dari penyebab degradasi citra, maka akan dilakukan proses dekonvolusi (kebalikan proses konvolusi) terhadap citra blur untuk mendapatkan kembali citra asli.

Algoritma Lucy-Richardson

Algoritma Lucy-Richardson adalah salah satu algoritma yang cukup dikenal dalam metode restorasi citra kabur. Algoritma ini efektif jika nilai PSF diketahui dan terkandung sedikit derau aditif pada citra. Algoritma ini pada mulanya digunakan untuk merestorasi citra astronomi, sebelum akhirnya digunakan juga secara luas untuk merestorasi citra kabur. Algoritma ini memaksimalkan kemungkinan bahwa sebuah citra bila dikonvolusi dengan PSF hasilnya adalah instansiasi dari citra kabur. Estimasi iterasi ke $-(n+1)$ dari citra restorasi adalah estimasi ke- n citra restorasi dikali dengan citra koreksi. Persamaan iterasinya adalah:

$$\hat{f}_{n+1} = \hat{f}_n \left(\frac{g}{\hat{f}_n * PSF} \right) * reflect(PSF) \quad (3)$$

Dalam hal ini, operator $*$ menyatakan konvolusi, $\hat{f} = \hat{f}(x, y)$ menyatakan estimasi citra restorasi, $g = g(x, y)$ menyatakan citra masukan (yang mengalami degradasi), $reflect(PSF)$ menyatakan pencerminan PSF, dan $\left(\frac{g}{\hat{f}_n * PSF} \right) * reflect(PSF)$ menyatakan citra koreksi.

Wiener Filter

Metode Wiener Filter adalah metode restorasi citra berdasarkan pada least square. Metode ini meminimumkan galat restorasi, yaitu selisih antar citra restorasi dengan citra asli. Metode ini lebih efektif jika karakteristik frekuensi citra

dan derau aditif diketahui. Metode Wiener dapat dinyatakan ke dalam persamaan berikut :

$$H_w(u, v) = \frac{H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + S_n(u, v)/S_f(u, v)} \quad (4)$$

yang dalam hal ini, $S_n(u, v)$ dan $S_f(u, v)$ berturut-turut menyatakan power spectra dari derau aditif dan citra masukan, sedangkan $H^*(u, v)$ menyatakan konjugasi dari operator blurring, H . Cara yang umum 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 penapis Wiener diham-piri dengan persamaan berikut:

$$H_w(u, v) = \frac{H^*(u, v)}{|H(u, v)|^2 + K} \quad (5)$$

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

$$\hat{f}(u, v) = H_w(u, v).G(u, v) \quad (6)$$

Peak Signal to Noise Ratio

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) merupakan salah satu metode pengukuran yang banyak digunakan untuk sistem kompresi dan rekonstruksi gambar. PSNR merupakan parameter ukur yang digunakan untuk mengetahui performansi dari suatu citra. PSNR merupakan nilai perbandingan antara harga maksimum dari citra hasil filtering dengan blur [5]. Dalam citra digital terdapat suatu standar pengukuran error (galat) kualitas citra, yaitu besaran PSNR. Tingkat keberhasilan dan performa dari suatu metode filtering pada citra dihitung dengan menggunakan Peak Signal to Noise Ratio atau biasa disingkat dengan PSNR. Meskipun performa metode filtering juga dapat diukur dengan teknik visual (hanya melihat pada citra hasil dan membandingkannya dengan citra yang terdapat blur). Namun hasil pengukuran teknik visual setiap orang berbeda – beda. Sehingga PSNR merupakan solusi pengukuran performa yang baik. PSNR adalah ukuran rasio antara kekuatan maksimum sinyal yang mungkin dan kekuatan sinyal yang telah

rusak. Dikarenakan beberapa sinyal mempunyai pola data yang berubah-ubah, PSNR biasanya dinyatakan dalam skala decibel dalam bentuk logaritma. Untuk menemukan nilai PSNR, terlebih dahulu dilakukan perhitungan nilai MSE (Mean Square Error). MSE adalah nilai error kuadrat rata-rata antara citra asli dengan citra hasil manipulasi. Misal $I(x, y)$ adalah citra masukan dan $I'(x, y)$ adalah citra keluaran, keduanya memiliki M baris dan N kolom, maka didefinisikan sebagai berikut :

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{y=1}^n \sum_{x=1}^n [I(x, y) - I'(x, y)]^2 \quad (7)$$

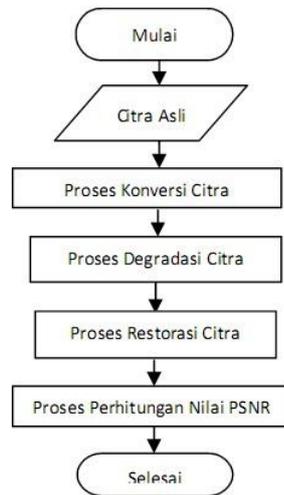
dimana: $I(x,y)$: nilai piksel di citra asli.
 $I'(x,y)$: nilai piksel pada citra hasil manipulasi. M, N adalah dimensi citra

Rumus untuk menghitung PSNR adalah :

$$PSNR = 20 * \log_{10}(255/\sqrt{MSE}) \quad (8)$$

Metode Penelitian

Secara umum tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 5.



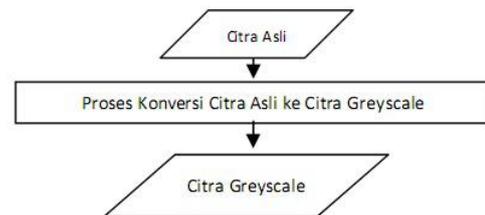
Gambar 5: Blok Diagram Kerangka Penelitian

Motivasi dari penelitian ini adalah mengetahui tingkat restorasi citra yang dihasilkan pada setiap metode yang diujikan. Pengujian dilakukan dengan menerapkan setiap algoritma restorasi kepada aplikasi terhadap citra yang mengalami degradasi. Proses penelitian diawali dengan adanya citra asli dengan kondisi yang

baik dan tidak terdapat suatu cacat apapun. Mengingat bahwa proses restorasi citra adalah proses yang memperbaiki citra dengan mengetahui penyebab dari kerusakan citra tersebut, maka diperlukan suatu faktor yang memberikan efek blur, sehingga citra tersebut menjadi terdegradasi. Operator distorsi yaitu PSF (Point Spread Function) menjadi faktor penting untuk mensimulasikan sebuah blur dan menerapkannya terhadap citra asli. Pada tahap selanjutnya adalah proses restorasi citra. Citra asli yang sudah mengalami degradasi (blur) akan direstorasi menggunakan metode Lucy-Richardson dan Wiener filter. Hasil dari kedua metode inilah yang akan menjadi tolak ukur perbandingan citra output.

Proses Konversi Citra Asli Menjadi Citra Greyscale

Citra yang digunakan sebagai data uji coba adalah citra yang tidak mengalami degradasi. Hal ini dilakukan agar faktor degradasi yang ditentukan dapat diketahui dan diterapkan pada citra uji coba, sehingga proses restorasi akan lebih efektif. Citra asli tersebut akan dikonversi menjadi sebuah citra greyscale. Tujuan dari proses ini adalah mempercepat proses perhitungan, menghemat memori komputer, dan juga sebagai syarat untuk perhitungan proses berikutnya (Perhitungan PSNR). Jika menggunakan citra asli, maka proses perhitungan menjadi semakin lama dan membutuhkan memori yang lebih banyak. Gambar 6 menunjukkan proses konversi citra asli menjadi citra greyscale

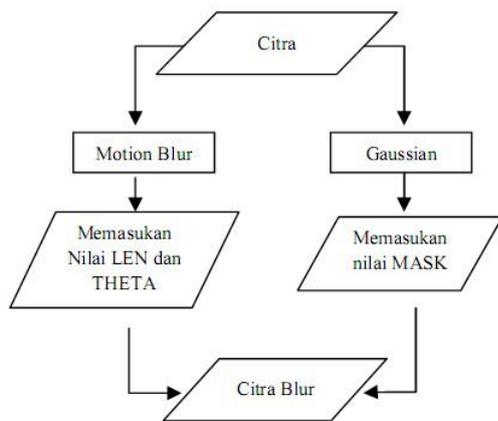


Gambar 6: Blok Diagram Proses Konversi Citra Greyscale

Proses Degradasi Citra

Pada proses pemberian efek blur pada citra, terdapat dua macam blur yang akan diterapkan dan diujicobakan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah setiap metode memiliki kemampuan restorasi yang sama terhadap

jenis blur yang berbeda. Kedua efek blur ini adalah motion blur dan Gaussian blur. Motion blur dapat digambarkan sebagai efek blur yang ditimbulkan akibat dari pergerakan media digital (seperti kamera) pada saat pengambilan gambar atau pergerakan objek ketika diambil oleh media digital. Pada MATLAB, Motion blur memiliki variabel input yaitu LEN dan THETA. LEN merupakan variabel panjang blur yang akan disimulasikan pada citra asli, sedangkan THETA merupakan variabel sudut blur. Jenis blur yang kedua adalah gaussian blur. Gaussian blur dapat digambarkan sebagai efek blur yang terjadi akibat fokus lensa kamera yang tidak tepat saat pengambilan gambar. Pada MATLAB, gaussian blur memiliki variabel input yang yang ditentukan oleh user, yaitu MASK. MASK pada gaussian blur menunjukkan seberapa besar ukuran kernel atau matriks yang digunakan sebagai operator konvolusi. Semakin besar ukuran MASK yang ditentukan, maka semakin besar pula efek blur yang berdampak pada citra. Kedua jenis blur diterapkan pada citra asli untuk menghasilkan sebuah citra yang terdegradasi. Gambar 7 menunjukkan proses degradasi citra.



Gambar 7: Blok Diagram Proses Degradasi Citra)

Proses Restorasi Citra

Citra yang telah terdegradasi ini akan dilakukan proses restorasi dengan menggunakan metode Lucy-Richardson dan Wiener Filter sehingga akan terlihat apakah kedua metode tersebut dapat merestorasinya dan menghasilkan citra yang mirip dengan citra aslinya. Masing-masing metode memiliki kriteria perhitungannya sendiri dalam merestorasi citra

kabur, namun satu hal yang pasti bahwa kedua metode ini memerlukan informasi mengenai penyebab dari degradasi citra yang dialami citra kabur yaitu PSF. Proses mendasar dari proses restorasi adalah melakukan proses dekonvolusi terhadap citra kabur dengan PSF. Dengan kata lain, kualitas citra hasil restorasi ditentukan oleh pengetahuan akan PSF. Pada metode Wiener Filter, terlebih dahulu metode ini dibuat sebuah filter yang nantinya akan dioperasikan dengan citra kabur. Filter yang dioperasikan akan menghasilkan suatu invers dari citra terdegradasi. Karena metode ini menggunakan pengetahuan akan noise yang terkandung di dalam citra untuk proses konvolusi, maka nilai tersebut sudah ditentukan sebesar 0.0001. Pada MATLAB, toolbox yang digunakan untuk menggunakan metode ini adalah deconvwnr dengan diikuti parameter PSF yang telah dibuat entah menggunakan motion blur ataupun gaussian blur. Berbeda dengan metode Wiener filter, metode Lucy-Richardson menggunakan iterasi dalam proses restorasi citra. Jumlah iterasi telah ditentukan dalam uji coba sebanyak 10, 50, dan 100 kali iterasi. Metode Lucy-Richardson akan melakukan estimasi ke-n restorasi dikali dengan citra koreksi. Semakin banyak iterasi yang dilakukan, maka semakin besar pula kesempatan citra hasil koreksi mendekati citra aslinya. Dengan menggunakan MATLAB, toolbox yang digunakan adalah deconvlucy dan menyisipkan parameter PSF dari efek blur yang terkandung dalam citra terdegradasi. Setiap iterasi yang telah ditentukan akan dieksekusi dan menghasilkan citra restorasi yang berbeda-beda. Proses restorasi dengan kedua metode yang diujikan akan menghasilkan sebuah citra hasil restorasi. Citra hasil restorasi ini ditampilkan dan dibandingkan secara visual sehingga dapat diketahui metode mana yang lebih baik dalam menghasilkan citra restorasi. Gambar 8 menunjukkan proses restorasi citra.

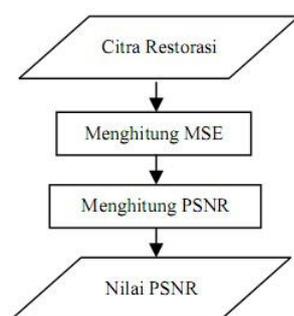
Proses Perhitungan Nilai PSNR

Tahap terakhir dari uji coba kedua metode untuk merestorasi citra kabur adalah menghitung nilai PSNR yang dihasilkan masing-masing metode. Perhitungan PSNR dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan performa suatu metode filtering pada citra. Meskipun performa metode filtering juga dapat diukur dengan teknik visual (hanya melihat pada citra

hasil dan membandingkannya dengan citra yang terdapat blur). Namun hasil pengukuran teknik visual setiap orang berbeda – beda. Sehingga PSNR merupakan solusi pengukuran performa yang baik. Untuk mendapatkan nilai PSNR, terlebih dahulu dilakukan perhitungan nilai MSE (Mean Square Error). MSE adalah nilai error kuadrat rata-rata antara citra asli dengan citra hasil restorasi. MSE setiap metode akan dihitung berdasarkan citra asli dengan masing-masing citra hasil restorasi dari metode Lucy-Richardson dan juga Wiener Filter. Setelah nilai MSE didapatkan, maka langkah berikutnya adalah memasukan nilai MSE tersebut ke dalam rumus perhitungan PSNR. Gambar 9 menunjukkan proses perhitungan PSNR.



Gambar 8: Blok Diagram Proses Degradasi Citra



Gambar 9: Blok Diagram Proses Perhitungan PSNR

Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dijelaskan pengujian program aplikasi restorasi citra terhadap efek blur pada citra digital. Pembuatan aplikasi ditujukan untuk menguji metode untuk merestorasi

citra kabur dengan menggunakan teknik de-blurring. Metode yang diujikan adalah metode Lucy-Richardson dan Wiener. Proses uji coba aplikasi dilakukan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak Matlab R2011a.

Data Uji Coba

Pada pengujian yang dilakukan, digunakan dua buah citra. Citra pertama yang akan diuji merupakan citra bernama lenna.jpg. Berikut tampilan citra yang akan diujicobakan pada aplikasi restorasi citra.

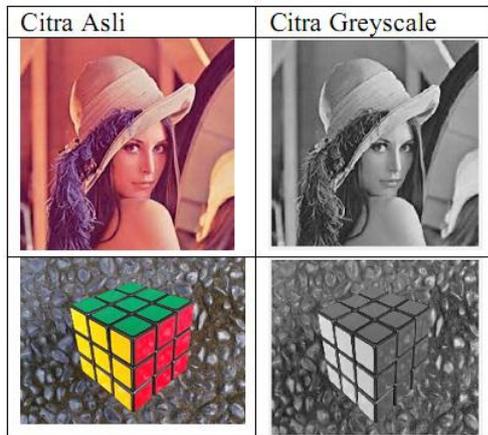
Citra	Keterangan
	Nama = lenna Format = .jpg Dimensi = 225 x 225 pixel Ukuran = 8.00 Kb Tipe = Citra berwarna
	Nama = rubik Format = .jpg Dimensi = 640 x 480 pixel Ukuran = 100 Kb Tipe = Citra berwarna

Gambar 10: Tampilan Citra Lenna dan Citra Rubik

Citra pada gambar 10 merupakan citra yang digunakan sebagai citra ujicoba. Citra lenna dipilih sebagai citra uji coba metode restorasi karena memang citra lenna memiliki detail, shading, dan tekstur yang sangat baik untuk digunakan sebagai percobaan pemrosesan citra. Citra lenna juga banyak sekali digunakan sebagai para pakar pada bidang pengolahan citra. Disamping itu, terdapat juga citra rubik yang digunakan sebagai uji coba. Citra rubik diambil menggunakan media digital kamera 3.15 megapixel sehingga dimensi citra yang dihasilkan berukuran lebih besar. Kedua citra dalam proses uji coba ini dimuat dengan ukuran pixel yang berbeda untuk menguji apakah terdapat perbedaan efektifitas restorasi terhadap masing-masing citra. Selain itu, tingkat level blur akan dibuat beragam, hal ini ditujukan untuk membuktikan bahwa aplikasi ini juga dapat merestorasi citra blur dengan kombinasi variable blur yang berbeda pula.

Hasil Proses Konversi Citra Asli Menjadi Citra Greyscale

Citra asli akan dikonversi menjadi citra grayscale untuk mempermudah perhitungan terhadap nilai PSNR masing-masing metode. Berikut merupakan hasil konversi citra asli menjadi citra greyscale.

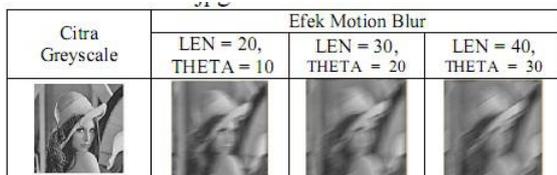


Gambar 11: Hasil Konversi Citra Greyscale

Hasil Proses Degradasi Citra

Pada tahap ini, citra uji coba disimulasikan dengan penerapan PSF, agar dihasilkan citra blur yang penyebab faktor blur tersebut diketahui. Jenis blur yang diterapkan dalam penelitian ini adalah motion blur dan gaussian blur. Gambar 12 dan 13 adalah hasil dari citra lenna dan rubik untuk motion blur, sedangkan citra 14 dan 15 untuk gaussian blur.

- Motion Blur
 - Citra lenna.jpg

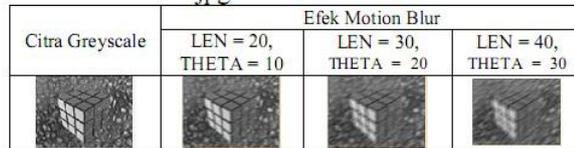


Gambar 12: Hasil Citra Lenna Motion Blur

Pada gambar 12, citra lenna.jpg diberikan efek motion blur yang berbeda-beda, sehingga citra greyscale menjadi citra yang terdegradasi. Jika dilihat dari hasil setiap efek motion blur, citra lenna menjadi sebuah citra yang tampak tidak semakin jelas. Semakin besar nilai LEN, maka bentuk tekstur wajah seorang wanita di dalamnya menjadi tidak terlihat.

Sedangkan variabel THETA hanya menentukan tingkat kemiringan dari blur yang ditimbulkan. Citra ini tampak persis seolah-olah media digital yang mengambil gambar tersebut bergoyang pada proses akuisisi.

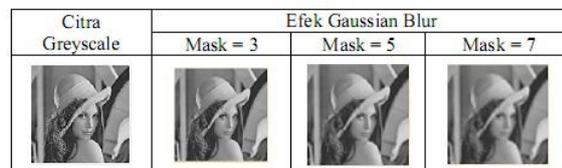
- Citra rubik.jpg



Gambar 13: Hasil Citra Rubik Motion Blur

Gambar 13 Hasil Citra Rubik Motion Blur Berbeda dengan citra lenna yang terlihat tidak begitu jelas ketika diterapkan efek motion blur, pada citra rubik yang telah terdegradasi menghasilkan efek blur yang tidak seburuk seperti citra lenna walaupun sekilas pandang bahwa kedua citra tampak tidak terlalu jelas. Hal ini bias disebabkan oleh dimensi citra yang berbeda. Dimensi citra rubik memang lebih besar daripada citra lenna dan inilah yang menyebabkan efek blur yang sama menghasilkan pengaruh yang berbeda pula, karena semakin besar dimensi citra maka jumlah piksel yang terkena degradasi akan tertutupi dengan jumlah piksel yang sedikit terkena efek blur sehingga secara keseluruhan citra akan tampak lebih baik daripada citra yang memiliki dimensi citra lebih kecil.

- Gaussian Blur
 - Citra lenna

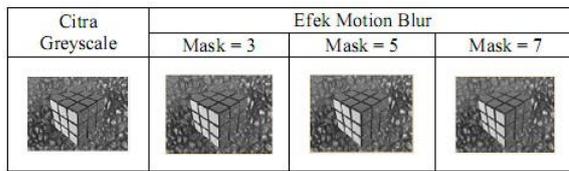


Gambar 14: Hasil Citra lenna Gaussian Blur

Pada gambar 14 terlihat bahwa setiap tahapan blur menghasilkan citra lenna yang terdegradasi sempurna. Blur yang terlihat pada citra lena seolah-olah disebabkan oleh pengaturan lensa kamera yang tidak tepat saat pengambilan gambar. Dari beberapa efek yang diterapkan, citra lenna terlihat memiliki perbedaan dengan citra aslinya maupun citra dengan efek MASK yang lebih kecil. Bisa dikatakan bahwa perbedaan yang dialami oleh citra lenna sangat signifikan terhadap setiap efek gaussian blur.

Semakin besar nilai MASK yang ditentukan, semakin besar pula tingkat ketidakfokusan lensa terhadap pengambilan gambar.

b. Citra rubik



Gambar 15: Hasil Citra rubik Gaussian Blur

Pada gambar 15 tampak bahwa citra rubik juga berhasil diterapkan efek gaussian blur, namun hasil yang terlihat secara visual menunjukkan bahwa variabel blur yang ada tidak terlalu berpengaruh pada citra rubik. Efek gaussian blur pada citra rubik tidak terlalu terlihat seperti pada citra lena yang perubahannya sangat signifikan. Berbeda pada citra rubik, perubahan yang diperlihatkan tidak jauh berbeda dengan citra aslinya.

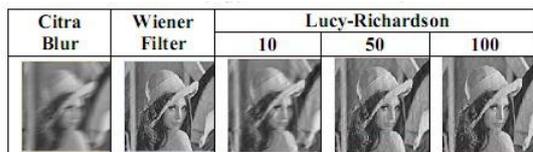
Hasil Proses Restorasi Citra

Tahap ini akan membahas mengenai citra hasil restorasi yang dilakukan oleh setiap metode terhadap efek blur yang ada.

Motion Blur

a. Citra lena.jpg

- LEN = 20 dan THETA = 10

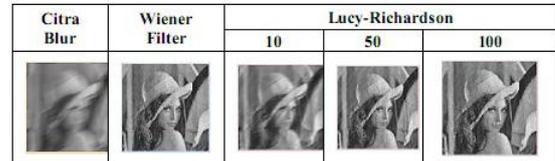


Gambar 16: Hasil restorasi citra lena motion blur tahap 1

Pada gambar 16 dengan memperlakukan efek Motion blur tahap pertama pada citra lena, hasil restorasi menggunakan metode wiener filter menghasilkan output citra yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan berkurangnya efek kabur yang terkandung dalam citra restorasi. Namun pada citra restorasi yang dihasilkan metode ini menghasilkan bintik-bintik noise yang menyebabkan citra ini tidak sempurna citra aslinya. pada restorasi menggunakan metode lucy-richardson, citra restorasi yang dihasilkan juga tidak jauh berbeda dengan hasil restorasi menggunakan metode wiener

filter. Metode Lucy-Richardson juga menghasilkan noise yang serupa dan hasil optimal yang dicapai dalam merestorasi citra lena terdapat pada iterasi ke-100

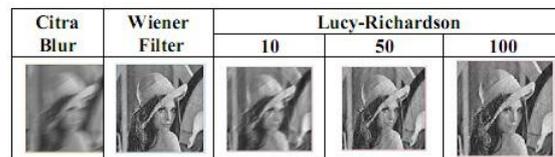
- LEN = 30 dan THETA = 20



Gambar 17: Hasil restorasi citra lena motion blur tahap 2

Tidak jauh berbeda pada tahap pertama, pada gambar 17 tampak bahwa dalam proses restorasi efek motion blur tahap kedua ini, kedua metode menunjukkan kemampuan yang sama dengan menghilangkan efek blur yang terkandung pada citra dan menghasilkan noise yang serupa. Hasil optimal metode Lucy-Richardson ini juga dicapai pada itersi ke -100

- LEN = 40 dan THETA = 30

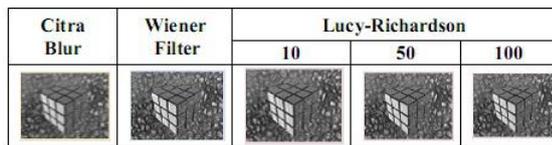


Gambar 18: Hasil restorasi Citra lena motion blur tahap 3

Gambar 18 menunjukkan hasil resotrasi lena motion blur tahap 3. Citra lena yang dihasilkan oleh kedua metode juga menunjukkan kinerja yang sama. Setiap iterasi dalam metode lucy-Richardson menghasilkan koreksi citra yang semakin baik dan mengurangi efek blur yang ada. Secara keseluruhan, kedua metode uji coba berhasil merestorasi citra lena yang mengalami degradasi walaupun efek blur yang terkandung dalam setiap citra sangat besar. Metode Wiener filter menghasilkan citra restorasi yang sama baiknya dengan yang dilakukan oleh metode Lucy-Richardson pada iterasi ke-100. Oleh karena itu untuk menentukan hasil metode mana yang lebih baik, maka akan dilihat berdasarkan nilai PSNR.

b. Citra rubik.jpg

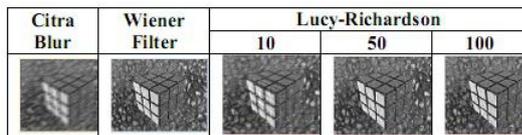
- LEN = 20 dan THETA = 10



Gambar 19: Hasil restorasi Citra rubik motion blur tahap 1

Pada gambar 19 tampak bahwa dalam citra rubik yang mengalami degradasi oleh motion blur, masing-masing metode menghasilkan citra restorasi yang sama baiknya. Berbeda pada citra lenna, pada citra rubik, noise yang timbul tidak terlalu terlihat, sehingga menghasilkan citra restorasi yang lebih baik dibandingkan citra lenna. Begitu juga dengan faktor ukuran dimensi citra yang lebih besar, pengaruh blur tidak terlalu besar sehingga dengan kemampuan restorasi yang sama dengan proses restorasi lenna, menghasilkan citra restorasi yang lebih baik. Pada algoritma Lucy-Richardson, citra paling baik dihasilkan oleh citra pada iterasi 50 dan 100

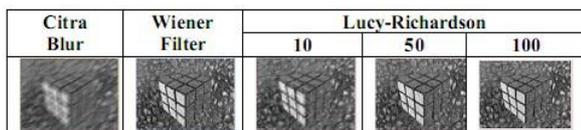
- LEN = 30 dan THETA = 20



Gambar 20: Hasil restorasi Citra rubik motion blur tahap 2

Gambar 20 menunjukkan bahwa pada percobaan tahap kedua, hasil yang ditunjukkan kedua metode hampir sama, namun sudah terlihat bahwa citra hasil restorasi menggunakan metode Lucy-Richardson pada iterasi ke-100 sedikit lebih unggul dibandingkan citra hasil restorasi menggunakan Wiener filter.

- LEN = 40 dan THETA = 30



Gambar 21: Hasil restorasi Citra rubik motion blur tahap 3

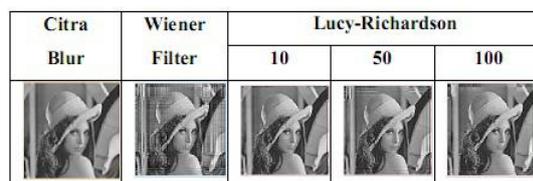
Di tahap terakhir efek motion blur terhadap citra rubik, kedua metode kembali menghasilkan citra restorasi yang hampir sama.

Pada metode Lucy-Richardson iterasi yang paling baik dihasilkan pada iterasi ke-100. Pada tahap uji coba menggunakan motion blur, masing-masing citra diberi efek blur dengan variabel yang berbeda-beda. Pada ketiga percobaan menggunakan variabel berbeda, citra lenna dan rubik mengalami degradasi dengan baik, sehingga kedua citra tampak tidak jelas. Setelah proses restorasi menggunakan Wiener filter, masing-masing citra menghasilkan citra yang baik dan tampak sangat jelas untuk dilihat. Namun berbeda dengan citra aslinya, citra hasil restorasi menggunakan metode Wiener filter mengandung bintik-bintik noise di seluruh bagian citra. Noise inilah yang timbul akibat dari akuisisi citra pada saat proses restorasi. Waktu restorasi yang dibutuhkan untuk merestorasi citra juga cukup singkat jika menggunakan metode ini. Restorasi citra menggunakan metode Lucy-Richardson menghasilkan citra yang tak jauh berbeda dari restorasi menggunakan Wiener Filter yakni menghasilkan noise. Namun noise yang dihasilkan membentuk sebuah pola karakter citra yang terkandung pada citra tersebut seperti riak air. Pada iterasi ke-10, noise yang dihasilkan masih sedikit dan citra restorasi terlihat kurang baik. Hasil restorasi maksimal yang diperlihatkan metode ini terletak pada iterasi ke-100, untuk citra lenna. Sedangkan untuk citra rubik, pada iterasi ke 50 dan 100 menghasilkan citra yang hampir sama baiknya, sehingga sulit menentukan citra yang mana yang lebih baik, oleh karena itu penilaian akan dilihat melalui nilai PSNR yang didapat. Waktu yang dibutuhkan untuk proses restorasi relatif lebih lama daripada menggunakan metode Wiener, hal ini disebabkan karena metode Lucy-Richardson memang menggunakan proses iterasi yang waktunya n kali lebih lama dari metode Wiener.

Gaussian Blur

a. Citra lenna.jpg

- MASK = 3

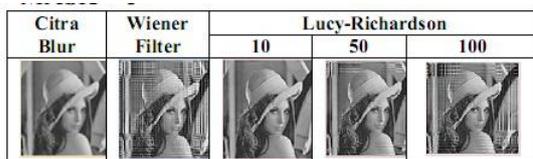


Gambar 22: Hasil restorasi Citra lenna gaussian blur tahap 1

Gambar 22. Hasil restorasi Citra lenna gaussian blur tahap 1

Pada gambar 22, dalam restorasi citra kabur yang disebabkan oleh gaussian blur, penentuan metode mana yang lebih baik dapat dengan mudah diputuskan. Hal ini disebabkan karena kualitas hasil restorasi yang dihasilkan oleh metode wiener filter tidak sebaik metode Lucy-Richardson dalam penilaian visual. Pada citra hasil restorasi metode wiener filter menghasilkan garis-garis noise di seluruh bagian citra. Berbeda pada metode lucy-richardson yang jauh lebih sedikit menghasilkan noise.

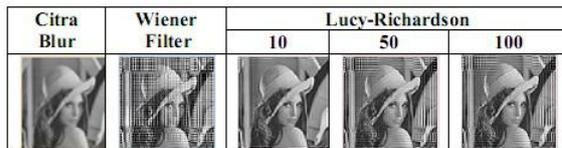
- MASK = 5



Gambar 23: Hasil restorasi Citra lenna gaussian blur tahap 2

Gambar 23 menunjukkan bahwa pada efek Mask = 5, metode Lucy-Richardson kembali menghasilkan citra yang lebih baik dibandingkan citra restorasi yang dihasilkan metode Wiener Filter. Iterasi terbaik yang menghasilkan citra terbaik adalah iterasi ke-10.

- MASK = 7

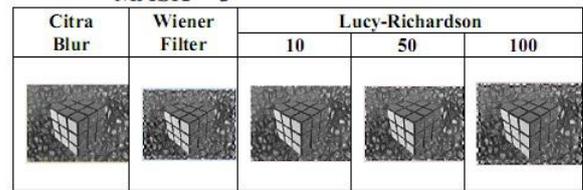


Gambar 24: Hasil restorasi Citra lenna gaussian blur tahap 3

Gambar 24 menunjukkan bahwa pada efek Mask = 7, metode Lucy-Richardson kembali menghasilkan citra yang lebih baik dibandingkan citra restorasi yang dihasilkan metode Wiener Filter. Iterasi terbaik yang menghasilkan citra terbaik adalah iterasi ke-10. Pada efek yang lebih besar ini, noise yang dihasilkan oleh metode wiener juga semakin besar. Pada metode lucy-richardson, noise timbul pada itersi ke 50 hingga 100.

- Citra rubik.jpg

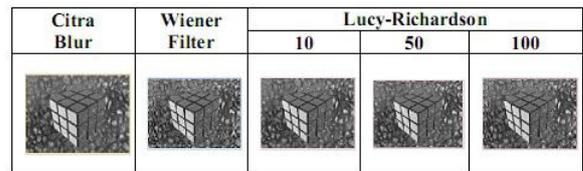
- MASK = 3



Gambar 25: Hasil restorasi Citra rubik gaussian blur tahap 1

Pada gambar 25 terlihat bahwa hasil restorasi citra terhadap citra rubik terlihat lebih baik jika dibandingkan dengan citra lenna. Noise yang berbentuk garis vertikal dan horizontal mulai tidak tampak pada citra rubik. Citra rubik hasil restorasi menggunakan metode wiener filter tetap terlihat lebih banyak mengandung noise daripada metode lucy-richardson. Pada metode lucy-richardson, iterasi yang paling baik adalah iterasi ke-10 dan menghasilkan sedikit noise.

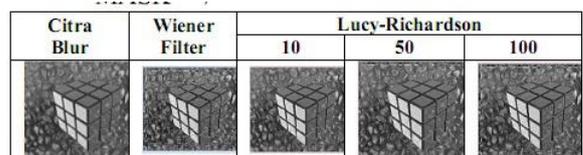
- MASK = 5



Gambar 26: Hasil restorasi Citra rubik gaussian blur tahap 2

Pada gambar 26 tampak bahwa hasilnya hampir sama dengan kualitas hasil restorasi kedua metode, yang membedakan adalah ukuran noise yang semakin besar yang timbul pada citra restorasi. Hal ini disebabkan oleh ukuran kernel yang semakin besar tentunya akan mempengaruhi operasi konvolusi, sehingga ukuran noise yang dihasilkan juga semakin besar.

- MASK = 7



Gambar 27: Hasil restorasi Citra rubik gaussian blur tahap 3

Gambar 27 menunjukkan tahap terakhir dari efek gaussian blur, noise yang dihasilkan masing-masing metode semakin tampak, hal ini disebabkan karena ukuran kernel yang semakin

besar. Noise yang terlihat sangat jelas terdapat pada citra hasil restorasi menggunakan metode Wiener Filter. Berbeda pada metode Wiener Filter, metode Lucy-Richardson menghasilkan citra restorasi yang baik pada iterasi ke -10 dan mengandung sedikit noise. Pada percobaan degradasi citra menggunakan Gaussian blur, proses restorasi citra yang dihasilkan oleh setiap metode menghasilkan perbedaan yang mencolok. Hal ini dapat dibuktikan dengan melihat secara visual hasil restorasi pada citra lenna. Restorasi yang menggunakan metode Wiener filter menghasilkan citra yang cukup jelas namun diiringi dengan timbulnya garis vertikal dan horizontal di seluruh bagian yang mengganggu tampilan citra. Garis ini timbul tidak hanya pada satu percobaan, melainkan pada setiap percobaan menggunakan Gaussian blur . Hal ini dapat menyebabkan citra restorasi terlihat kurang baik dan menghasilkan nilai PSNR yang rendah. Menggunakan metode Lucy-Richardson pada percobaan Gaussian blur merupakan langkah yang tepat, hal ini disebabkan karena memang citra hasil restorasi tampak lebih baik daripada menggunakan metode Wiener filter. Garis vertikal dan horizontal yang dihasilkan juga lebih sedikit dan tidak mengenai area tengah citra, bahkan garis ini hanya muncul pada iterasi ke-100. Pada iterasi ke-10, citra hasil restorasi hanya menghasilkan garis vertikal dan horizontal pada bagian tepi. Mungkin hal ini disebabkan oleh operasi konvolusi yang tidak melibatkan perhitungan piksel di tepi citra. Berbeda pada citra lenna, pada citra rubik dimana ukuran pikselnya lebih besar, efek Gaussian blur dengan variabel yang ditetapkan tidak terlalu berpengaruh pada proses degradasi, oleh karena itu proses restorasi yang diperlukan juga tidak terlalu besar. Hal ini dapat dilihat ketika menggunakan metode Lucy-Richardson, dimana hasil citra restorasi (citra rubik) hanya terlihat lebih baik pada iterasi ke-10. Jika iterasi terus dilakukan hingga iterasi ke-100 maka kualitas citra akan menurun karena akan timbul garis-garis akibat hasil koreksi citra pada iterasi sebelumnya.

Hasil Perhitungan Nilai PSNR

Tahap uji coba telah menghasilkan nilai PSNR dari setiap simulasi yang dilakukan.

1. Motion Blur
 - a) Wiener Filter

Tabel 1: Nilai PSNR Metode Wiener terhadap Motion Blur

Variabel Motion Blur	LEN = 20, THETA = 10	LEN = 30, THETA = 20	LEN = 40, THETA = 30
Lenna.jpg	31.7573	30.9505	31.1189
Rubik.jpg	32.2477	31.7465	31.4408

- b) Lucy- Richardson

Tabel 2: Nilai PSNR Lucy-Richardson Motion Blur 1

Variabel Motion Blur	LEN = 20, THETA = 10		
Citra \ Jumlah Iterasi	10	50	100
Lenna.jpg	30.5873	32.1926	32.6241
Rubik.jpg	32.0388	35.0551	34.4223

Tabel 3: Nilai PSNR Lucy-Richardson Motion Blur 2

Variabel Motion Blur	LEN = 30, THETA = 20		
Citra \ Jumlah Iterasi	10	50	100
Lenna.jpg	29.8896	31.3218	31.4439
Rubik.jpg	30.8244	33.2858	33.294

Tabel 4: Nilai PSNR Lucy-Richardson Motion Blur 3

Variabel Motion Blur	LEN = 40, THETA = 30		
Citra \ Jumlah Iterasi	10	50	100
Lenna.jpg	29.3998	31.2842	31.48
Rubik.jpg	30.2793	32.7124	32.8393

2. Gaussian Blur
 - a. Wiener Filter

Tabel 5: NNilai PSNR Metode Wiener terhadap Gaussian Blur

Variabel Motion Blur	Mask 3x3	Mask 5x5	Mask 7x7
Lenna.jpg	28.9684	28.7827	28.3638
Rubik.jpg	31.8728	30.3908	29.6264

- b. Lucy- Richardson

Tabel 6: Nilai PSNR Lucy-Richardson Gaussian Blur 1

Variabel Motion Blur	Mask 3x3		
Citra \ Jumlah Iterasi	10	50	100
Lenna.jpg	35.6458	32.5378	30.6852
Rubik.jpg	41.2838	36.8583	34.0852

Tabel 7: Nilai PSNR Lucy-Richardson Gaussian Blur 2

Variabel Motion Blur	Mask 5x5		
Citra \ Jumlah Iterasi	10	50	100
Lenna.jpg	33.0949	30.5874	29.295
Rubik.jpg	37.0146	34.723	32.2115

Tabel 8: Nilai PSNR Lucy-Richardson Gaussian Blur 3

Variabel Motion Blur	Mask 7x7		
Citra \ Jumlah Iterasi	10	50	100
Lenna.jpg	31.9815	29.6031	28.4772
Rubik.jpg	34.7325	33.3429	31.2688

Dari tabel hasil pengujian yang dilakukan (tabel 1 sampai dengan tabel 8), didapatkan hasil PSNR masing-masing metode terhadap efek blur. Perhitungan menggunakan nilai PSNR menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai PSNR yang dihasilkan berarti semakin baik pula kualitas citra yang dihasilkan. Ditinjau rerata nilai PSNR yang didapat, metode Lucy-Richardson merupakan metode yang lebih baik dalam merestorasi citra kabur yang disebabkan oleh motion blur maupun gaussian blur. Hal ini ditunjukkan dengan lebih besarnya nilai PSNR yang didapat oleh metode Lucy-Richardson pada setiap percobaan terhadap citra uji, jenis blur dan variabel blur. Pada kasus degradasi motion blur, kualitas citra yang dihasilkan kedua metode menunjukkan hasil yang baik secara visual karena masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda. Namun jika ditinjau dari nilai PSNR, metode Lucy-richardson memiliki nilai yang sedikit lebih tinggi daripada metode Wiener filter. Hal itu ditentukan pada iterasi yang mana yang menghasilkan nilai PSNR paling tinggi ketika restorasi citra. Dalam degradasi menggunakan gaussian blur, sudah terlihat secara visual bahwa metode Lucy-Richardson menghasilkan citra yang lebih

baik. Hal ini diperkuat dengan nilai PSNR yang besar pada setiap citra hasil restorasinya. Dibandingkan dengan metode Wiener filter, perbedaan nilai PSNR terpaut cukup jauh daripada metode Lucy-Richardson.

Analisa Hasil

Nilai PSNR dipengaruhi oleh beberapa faktor dari kualitas citra yang dihasilkan. Misalnya besar ukuran resolusi citra uji. Pada citra uji yang memiliki kualitas citra yang besar (citra rubik, 640x480), ketika citra tersebut diberikan efek Motion Blur sebesar LEN dan THETA sebesar 20 dan 10, maka citra hasil degradasi atau efek blur tidak akan terlalu terlihat. Hal ini disebabkan nilai variabel LEN yang ditentukan juga berdasarkan jumlah pixel citra yang didegradasi, oleh karena itu jika citra dengan resolusi besar, jumlah pixel didalamnya juga besar, maka pengaruh variabel LEN akan berdampak kecil pada proses degradasi. Hal ini juga tentunya berpengaruh pada hal sebaliknya, artinya jika variabel LEN tadi diterapkan pada citra dengan resolusi kecil (citra lenna, 225x225) maka dampak degradasi akan sangat berpengaruh dan menghasilkan citra yang mengandung banyak blur. Pengaruh efek blur ini yang menjadi tolak ukur nilai PSNR ketika citra kabur dilakukan proses restorasi. Hal ini terlihat jika menggunakan metode Lucy-Richardson. Pada metode yang berbasis iterasi, citra hasil restorasi akan memiliki nilai PSNR yang berbeda pula pada setiap iterasi. Citra blur dengan resolusi yang kecil akan menghasilkan nilai PSNR yang cukup besar, karena dampak blur yang mempengaruhi citra tersebut memerlukan perbaikan yang lebih banyak sehingga jika iterasi yang dilakukan semakin banyak, maka hasilnya pun akan semakin baik (range iterasi 10-100 kali). Namun jika citra blur dengan resolusi besar diberikan nilai iterasi yang banyak, maka kualitas restorasi juga menurun, hal ini disebabkan oleh dampak blur yang sedikit. Jika dampak blur yang sedikit, jumlah iterasi juga kecil. Apabila jumlah iterasi yang dilakukan banyak, maka akan menurunkan nilai PSNR. Setiap proses iterasi akan menimbulkan noise, semakin banyak iterasi maka akan semakin banyak noise yang terkumpul dan akan terlihat pada citra hasil restorasi. Noise inilah yang akan menurunkan nilai PSNR pada citra beresolusi besar. Faktor lain yang mempengaruhi besarnya ni-

lai PSNR adalah faktor degradasi itu sendiri. Pada percobaan dapat dilihat bahwa setiap variabel blur dengan pengaruh yang semakin besar, akan menghasilkan nilai PSNR yang relatif semakin kecil. Contohnya pada efek gaussian blur terhadap metode Wiener filter. Pada citra lenna dengan variabel MASK 3x3, 5x5, dan 7x7, berturut-turut menghasilkan nilai PSNR sebesar 28.9684, 28.7827, dan 28.3638. Nilai tersebut mengalami penurunan dari setiap proses restorasi. Hal ini disebabkan karena dampak blur yang semakin besar dengan proses restorasi yang sama akan menghasilkan citra restorasi yang semakin kurang baik, oleh karena itu nilai PSNR yang dihasilkan juga menurun.

Hasil Output Aplikasi

Pengujian dilakukan dengan menggunakan aplikasi yang telah dibuat. Aplikasi ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode restorasi terhadap citra kabur. Adapun tahapan penggunaan aplikasi restorasi citra kabur antara lain :

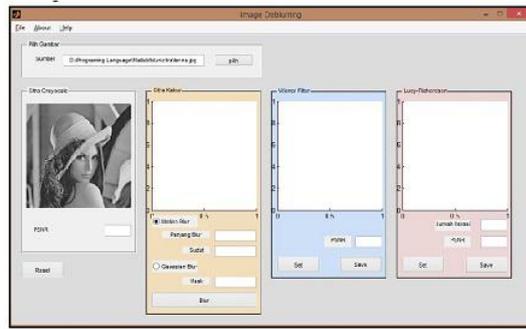
1. Membuka Aplikasi



Gambar 28: Halaman Pembuka Aplikasi

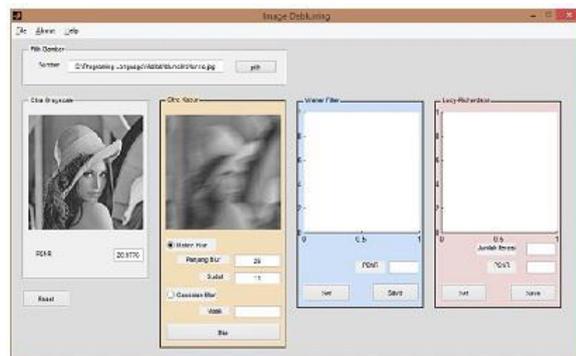
Tampilan pembuka hanya berisi judul dan menampilkan citra lenna yang mengalami blur. Hal ini memberikan gambaran kepada user bahwa aplikasi yang dipakai adalah aplikasi pengolahan citra khususnya restorasi citra blur. Untuk melanjutkan ke menu utama, maka disediakanlah tombol "Start".

2. Menginput citra yang akan diuji coba. Citra yang dimuat akan ditampilkan pada . Citra yang dipilih oleh user adalah citra berwarna, namun ketika citra yang tersebut ditampilkan ke dalam aplikasi, citra berwarna tadi akan segera dikonversi ke dalam bentuk citra greyscale.



Gambar 29: Tampilan Citra Greyscale Pada Aplikasi

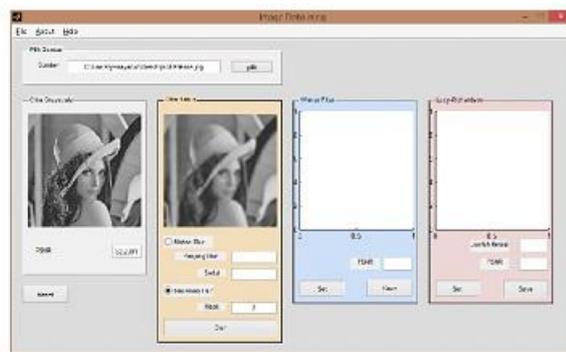
3. Menguji citra dengan memberikan efek motion blur



Gambar 30: Tampilan Citra dengan Motion Blur Pada Aplikasi

Pada gambar 30 terlihat bahwa citra yang diinput telah berhasil diberikan efek blur. Efek blur yang digunakan adalah motion blur dengan variabel LEN (Panjang blur) sebesar 29 pixel dan THETA (sudut arah blur) sebesar 11 derajat. Pada tahap selanjutnya akan dilakukan pemberian efek blur yang sama dengan menggunakan nilai variabel yang berbeda.

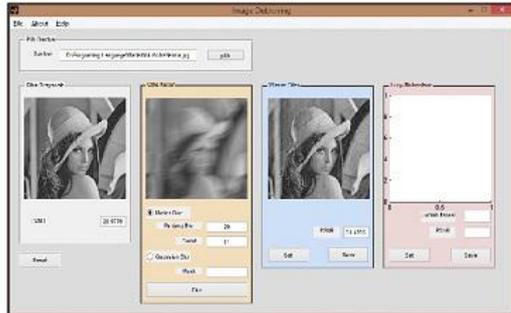
4. Menguji citra dengan memberikan efek gaussian blur



Gambar 31: Tampilan Citra dengan Gaussian Blur Pada Aplikasi

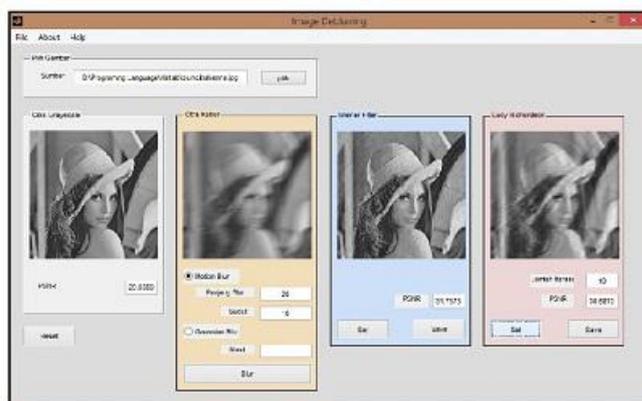
Pada gambar 31 terlihat bahwa citra greyscale telah berhasil diberikan efek blur. Efek blur yang digunakan adalah gaussian blur dengan variabel MASK sebesar 7.

5. Merestorasi citra yang telah diberi efek blur dengan menggunakan metode Wiener



Gambar 32: Tampilan Restorasi dengan Wiener Pada Aplikasi

Dari gambar 32 dapat dilihat bahwa citra yang telah diberi efek blur dapat direstorasi dengan baik menggunakan metode Wiener. Ketika citra tersebut direstorasi, maka nilai PSNR akan dihitung juga dan ditampilkan pada edittext yang tergabung dalam panel 'Wiener filter'. Sampai sejauh ini program yang dibuat berjalan dengan baik. 6. Merestorasi citra yang telah diberi efek blur dengan menggunakan metode Lucy-Richardson



Gambar 33: Tampilan Citra Restorasi Lucy-Richardson Pada Aplikasi

Dari gambar 33 dapat dilihat bahwa citra yang telah diberi efek blur dapat direstorasi dengan baik menggunakan metode Lucy-Richardson. Ketika citra akan direstorasi dengan menggunakan metode ini, terlebih dahulu user harus memasukkan nilai iterasi yang akan dilaksanakan oleh program. Jumlah iterasi

yang dimasukan sebanyak sepuluh kali. Setelah diproses, maka citra ditampilkan pada axes 4. Nilai PSNR akan dihitung juga dan ditampilkan pada edittext yang tergabung dalam panel 'Lucy-Richardson'. Namun mengingat bahwa metode ini memiliki jumlah iterasi yang dilakukan, maka nilai iterasi pada setiap percobaan akan dibedakan, sehingga hasil PSNR yang didapat dapat dibandingkan dengan metode Wiener.

Penutup

Berdasarkan aplikasi yang telah dibuat dan hasil pengujian yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kedua algoritma yang diimplementasikan ke dalam aplikasi dinyatakan mampu merestorasi citra kabur dengan baik, namun hanya efektif jika nilai dari PSF (Point Spread Function) yang menyebabkan citra kabur tersebut diketahui.
2. Metode Lucy-Richardson merupakan metode yang lebih baik untuk merestorasi citra kabur, baik citra kabur yang disebabkan oleh Motion Blur maupun Gaussian Blur. Hal ini ditunjukkan dengan hasil output citra yang ditampilkan memiliki kualitas yang lebih baik dan mengandung cacat yang lebih sedikit. Nilai rata - rata PSNR yang dihasilkan oleh metode Lucy-Richardson memiliki nilai yang relatif lebih tinggi dibanding dengan Wiener Filter.
3. Metode Lucy-Richardson memiliki kelemahan yakni menentukan jumlah iterasi untuk mencari hasil yang maksimal. Hal ini ditunjukkan dengan nilai PSNR terbesar yang didapat pada setiap citra uji berbeda-beda untuk setiap iterasinya. Jika semakin besar resolusi citra yang diinput, maka pengaruh variable blur akan semakin kecil, sehingga proses iterasi yang perlu dilakukan juga semakin sedikit, begitu juga dengan hal sebaliknya. Penggunaan iterasi yang semakin banyak dapat menimbulkan adanya garis penebalan (artifact) sehingga kualitas citra menjadi menurun dan juga menghasilkan waktu proses yang lebih lama.

Daftar Pustaka

- [1] M.R Banham, and A.K Karsaggelos, "Digital Image Restoration", IEEE Signal Processing Magaines, Vol 14, No.2., pp 24-41, March 1997
- [2] M Ben-Ezra and S.K Nayar, "Motion-based motion debruring", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 26, No. 6, pp 689-698, June 2004
- [3] X Jiang, D.C Cheng, et.al, Motion Deblurring, University of Muenster, Departement of Mathematics and Computer Science, 2005
- [4] Yeka Hendriyanim, "Restorasi Citra Kabur (Blur) Menggunakan Algoritma Lucy-Richardson". Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan. 2012
- [5] Gonzalez, R.C., Woods, R.E., Digital Image Processing, 3rd, Edition, Prentice Hall, 2008
- [6] Rinaldi Munir, Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik, Penerbit Informatika, 2004