

Program Dekonvolusi Blind Berbasis Matlab untuk Mempertajam Citra Akibat Simulasi Efek Buram Lensa

¹Muhammad Zuhdi, ²Ahmad Busyairi

^{1,2} Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Mataram

Email Korespondensi: mzuhdi@unram.ac

Article Info	Abstract
<p>Article History Received: 15 April 2023 Revised: 24 April 2023 Published: 30 April 2023</p> <p>Keywords Aquiver Discharge, Geoelectric, Schlumberger.</p>	<p>Matlab-Based Blind Deconvolution Program to Sharpen Image Due to Simulation of Lens Blur Effect. Blurred image due to lens defocus can be simulated mathematically as a convolution result between sharp image and Point Spread Function of blur (unfocus) lens. Image sharpening is the opposite of image blurring which can be done by deconvolution. This research was conducted to simulate digital image sharpening using the Blind deconvolution method. The Point Spread Function of the lens effect is used as the deconvolution Kernel function. This Point Spread Function is modeled mathematically with the Gaussian function approach. Convolution results between digital images from photos of an object are convoluted with the point spread function to produce a blurry image. The blurry image is then sharpened using the Blind convolution method. The slight difference between the deconvolution result image and the original object photo image indicates that the program is running well. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) is used to determine image sharpening recovery. Optimal sharpening recovery from deconvolution iterations is obtained at the maximum PSNR value.</p>
Informasi Artikel	Abstrak
<p>Sejarah Artikel Diterima: 15 April 2023 Direvisi: 24 April 2023 Dipublikasi: 30 April 2023</p> <p>Kata kunci Dekonvolusi Blind, Penajaman Citra.</p>	<p>Citra buram akibat ketidak fokusan lensa dapat disimulasikan secara matematis sebagai hasil konvolusi antara citra tajam dengan Point Spread Function suatu lensa yang tidak focus. Penajaman citra merupakan kebalikan dari pengkaburan citra yang dapat dilakukan dengan dekonvolusi. Penelitian ini dilakukan untuk mensimulasikan penajaman citra digital menggunakan metode dekonvolusi Blind . Point Spread Function dari efek lensa digunakan sebagai fungsi kernel dekonvolusi. Point Spread Function ini dimodelkan secara matematis dengan pendekatan fungsi Gaussian. Hasil konvolusi antara Citra Digital dari foto suatu objek dikonvolusikan dengan fungsi penyebaran titik sehingga menghasilkan citra yang buram. Citra buram kemudian dipertajam menggunakan metode konvolusi Blind. Perbedaan yang kecil antara citra hasil dekonvolusi dengan citra foto objek asli menunjukkan bahwa program berjalan dengan baik. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) digunakan untuk menentukan pemulihan penajaman citra. Pemulihan penajaman optimal dari iterasi dekonvolusi diperoleh pada nilai PSNR maksimum.</p>
<p>Sitasi: Zuhdi. M., & Busyairi, A. (2023). Program Dekonvolusi Blind Berbasis Matlab untuk Mempertajam Citra Akibat Simulasi Efek Buram Lensa. <i>Kappa Journal</i>, 7(1), 170-183</p>	

PENDAHULUAN

Citra adalah representasi (gambar), kemiripan atau tiruan dari suatu objek. Citra sebagai output sebagai sistem perekaman data dan visual bersifat optik berupa foto, analog berupa sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada media penyimpanan. (2017). Penajaman citra atau biasa disebut transformasi ini digunakan untuk meningkatkan kontras warna dan cahaya pada suatu citra. Proses ini dilakukan

untuk memudahkan proses interpretasi dan analisis citra. Peningkatan kontras pada citra adalah cara untuk memperbaiki tampilan dengan memaksimalkan kontras antara pencahayaan dan penggelapan atau menaikkan dan menurunkan nilai data citra. Image enhancement adalah operasi yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra dengan memanipulasi parameter citra. Dengan pengoperasian ini fitur-fitur khusus yang terdapat pada gambar lebih ditekankan.

Peningkatan kontras diterapkan untuk mendapatkan kesan kontras yang lebih tinggi. Semuanya dilakukan dengan mentransformasikan semua nilai kecerahan dan memberikan hasil berupa citra dengan nilai maksimum baru yang lebih tinggi dari nilai maksimum awal, dan nilai minimum baru yang (umumnya) lebih rendah dari nilai minimum awal. Secara visual hasil tersebut berupa citra baru dengan variasi warna hitam putih yang lebih menonjol sehingga terlihat lebih tajam dan memudahkan proses interpretasi. Pengolahan ini sering terjadi pada citra berwarna, baik tipe JPEG maupun PNG, untuk itu sering dilakukan penajaman pada citra tersebut. Dengan penajaman citra bertujuan untuk memperjelas tepi citra pada objek di dalam gambar. Penajaman citra adalah kebalikan dari operasi pelunakan karena operasi ini menghilangkan bagian lunak dari citra. Perbaikan kualitas citra bertujuan untuk meningkatkan atau memperbaiki citra. Untuk mempertajam citra, diperlukan Metode Fourier Phase Only Synthesis dan Blind Deconvolution untuk Penajaman Citra. Cara ini mampu menjadi solusi dari permasalahan di atas. Algoritma Fourier Phase Only Synthesis digunakan untuk mempertajam citra dengan menginterpretasikan objek pada tampilan citra. Dan Blind Deconvolution merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengembalikan citra yang mengalami efek blur tanpa harus mengetahui nilai PSF (Sujiah, 2016).

Pada penelitian sebelumnya Apriliani, 2017, Melakukan Analisis Metode Blind dan Dekonvolusi Buta. Hasil signifikan dihasilkan dari kedua metode tersebut dengan memanfaatkan pengetahuan tentang proses degradasi citra, salah satunya nilai PSF (Apriliani, 2017). Dan penelitian selanjutnya Sujiah, 2016, melakukan Aplikasi Image Phase Improvement untuk Mempertajam Citra Menggunakan Metode Fourier Phase Only Synthesis. Hasil citra juga dapat diperoleh dari proses penajaman yang juga signifikan (Widiastuti, 2014). Memulihkan citra yang tajam dari pengamatan tunggal yang buram (mungkin rusak oleh gangguan) adalah proses deblurring citra skala abu-abu. Motion blur atau defocus aberration adalah penyebab artefak yang kabur (Lai, et.al. 2016). Proses fisik yang menghasilkan citra defokus biasanya dimodelkan dengan konvolusi citra asli dengan fungsi penyebaran titik (PSF) dan noise tambahan dalam kasus pengaburan defokus seragam (Bahat, et.al, 2017). Skema semacam ini dapat dilihat di sebelah kiri Gambar 1, di mana intensitas gambar asli ditunjukkan oleh f dan intensitas gambar buram ditunjukkan oleh g (Zhang, et.al. 2013). Deblurring buta terjadi ketika lebih dari satu pengamatan di luar fokus dari citra yang tajam dibuat. Integrasi pada bidang cahaya yang ditangkap setiap saat selama paparan dapat digunakan untuk memodelkan buram gerakan (Srinivasan & Ramamoorthi, 2017).

Beberapa algoritma deblurring dapat digunakan untuk memasang kembali gambar asli setiap kali PSF diketahui sebelumnya; Jika tidak, sulit untuk memperkirakan PSF dan intensitas citra asli secara bersamaan. Estimasi PSF dan intensitas citra asli secara bersamaan dimungkinkan oleh kelas algoritme yang dikenal sebagai metode deblurring buta. Bahkan, dekonvolusi buta, teknik untuk membatalkan konvolusi dengan fungsi yang tidak diketahui (Fiori, 2011) (Levin, at.al. 2011), adalah sumber deblurring buta. Astronomi menggunakan algoritma deblurring (Vorontsov & Jefferies, 2017) untuk menangani citra fotografi yang diambil oleh teleskop terestrial yang kualitasnya dipengaruhi oleh turbulensi atmosfer. Pemrosesan kode batang dan kode QR juga mencakup pengaburan buta dari citra yang direkam yang tidak fokus (Brylka, et.al. 2020) (Lou, et.al. 2011).

Peningkatan kualitas citra merupakan proses awal dalam pengolahan citra yang bertujuan untuk melakukan pengolahan citra agar mendapatkan hasil dengan kualitas relatif lebih baik dari citra awal. Peningkatan kualitas citra dilakukan karena citra yang ada memiliki kualitas yang kurang baik, misalnya citra terdapat noise, citra terlalu gelap/terang, citra kurang

tajam, citra terlihat buram dan masih banyak lagi yang menyebabkan citra mengalami peningkatan kualitas. Peningkatan kualitas citra adalah proses untuk mendapatkan citra yang lebih mudah ditafsirkan oleh mata. Operasi perbaikan citra meliputi perataan citra, penajaman citra, koreksi kontras gelap/terang, peningkatan tepi, pewarnaan semu, dan penyaringan noise. Operasi penajaman citra bertujuan untuk memperjelas tepi objek pada citra (Putra, 2010). Penajaman citra adalah kebalikan dari operasi pelunakan citra (pengkaburan) karena operasi ini menghilangkan bagian halus dari citra. Operasi penajaman dilakukan dengan melewatkan citra melalui high-pass filter (HPF = high-pass filter). Filter high-pass akan melewatkan (atau memperkuat) komponen frekuensi tinggi (tepi objek) dan akan mengurangi komponen frekuensi rendah. Akibatnya, tepi objek tampak lebih tajam dari sekelilingnya. Selain untuk mempertajam citra, digunakan pula high-pass filter untuk mendeteksi keberadaan tepi (edge detection). Dalam hal ini piksel tepi ditampilkan lebih terang (highlight), sedangkan piksel non tepi dibuat gelap (hitam) (Sutoyo, 2010). Citra adalah representasi (citra), kemiripan atau tiruan dari suatu objek. Citra sebagai output sebagai sistem perekaman data dan visual bersifat optik berupa foto, analog berupa sinyal video seperti citra pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada media penyimpanan. Fourier adalah salah satu cara merepresentasikan bentuk sinyal ke domain frekuensi. Deret Fourier hanya berlaku untuk sinyal periodik. Discrete Fourier Transform (TFD) adalah cara untuk merepresentasikan sinyal periodik dan non-periodik ke dalam domain frekuensi.

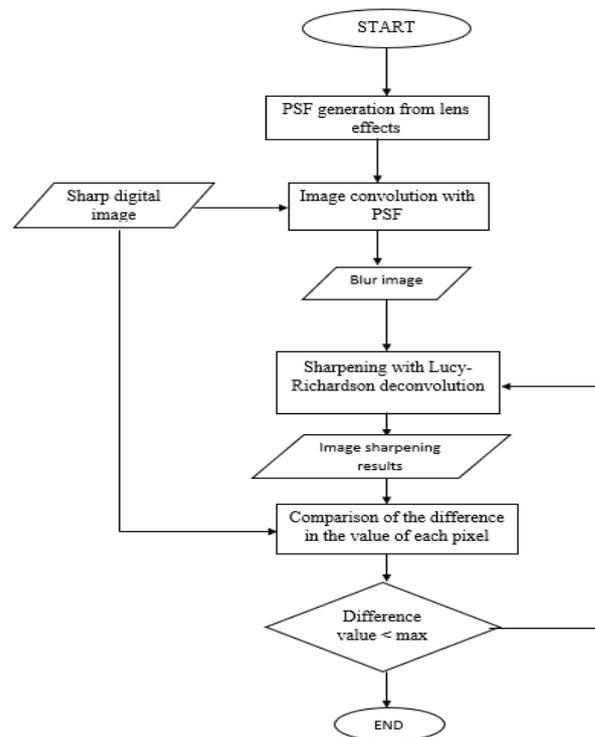
Sintesis Fourier fase-saja tidak hanya dalam besarnya sintesis Fourier. Secara khusus, misalkan $f(x)$ menunjukkan sinyal n -dimensi dan $F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-j\omega x} dx$ Transformasi Fourier n -dimensi di mana $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ adalah vektor variabel bebas $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ vektor variabel frekuensi, dan $|F(\omega)|$ masing-masing adalah magnitudo dan fasa dari $F(\omega)$. Sintesis Fourier $f(x)$ didefinisikan sebagai sinyal dengan Transformasi Fourier $F(\omega)$, yaitu $f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega x} d\omega$. Dengan demikian, sintesis fasa hanya $f(x)$ memiliki $S\{f(x)\} = M(u)EFL$. Di mana M adalah kesatuan atau mungkin lebih umum fungsi daya yang dalam beberapa cara mewakili kelas sinyal tetapi tidak berasal dari pengetahuan tentang sinyal $f(x)$ tertentu. Konteks pertama di mana kesamaan antara sinyal $f(x)$ dan sintesis $f(x)$ fase saja telah dikenali dan didemonstrasikan dalam sintesis Fourier dari struktur kristalografi. Joseph Fourier, adalah transformasi integral yang menyatakan kembali suatu fungsi dalam fungsi basis-sinusoidal, yaitu penjumlahan atau integral fungsi sinusoidal dikalikan dengan beberapa koefisien ("amplitudo"). Ada banyak variasi yang terkait erat dari transformasi ini tergantung pada jenis fungsi yang ditransformasikan. Analisis Fourier ada dua macam, yaitu untuk fungsi periodik menggunakan Deret Fourier, sedangkan untuk fungsi non periodik menggunakan Transformasi Fourier.

Blind Deconvolution sama dengan metode Blind, jenis blur yang digunakan untuk pengujian adalah Gaussian blur dan Motion-blur. Proses deteksi tepi digunakan untuk mengurangi noise pada citra yang blur, kemudian memperbanyak nilai iterasi atau pengulangan proses karena terdapat beberapa citra jika iterasinya terlalu besar maka citra tersebut dapat menimbulkan artefak atau noise streak akibat dari perbaikan citra tersebut. proses (Widiastuti, 2014).

METODE

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap. Tahapan pertama adalah pengambilan citra objek menggunakan kamera digital yang kemudian disimpan dalam format bmp. Tahap kedua adalah pembuatan simulasi pengaburan lensa yang merupakan fungsi majemuk. Atau sering disebut dengan fungsi penyebaran titik. Fungsi penyebaran titik ini dimodelkan secara matematis dengan fungsi tertentu yang kemudian digunakan sebagai operator konvolusi untuk pengaburan citra. Hasil konvolusi antara Citra Digital dari foto suatu objek kemudian diubah dengan fungsi penyebaran titik sehingga menghasilkan citra buram atau buram. Citra buram

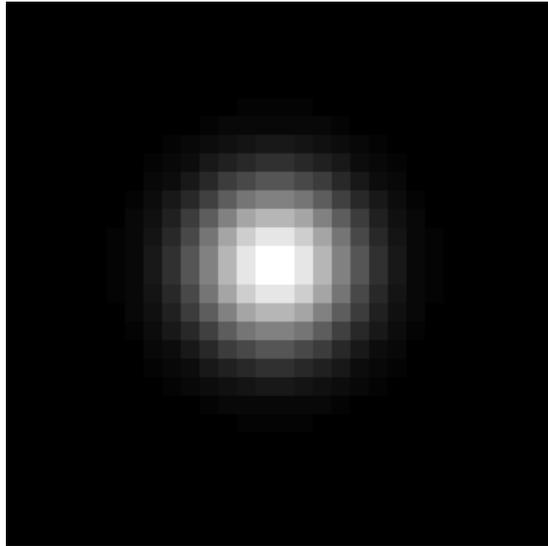
kemudian dipertajam kembali dengan dekonvolusi menggunakan metode konvolusi Blind . Hasil dekonvolusi ini kemudian dibandingkan dengan citra objek foto yang tidak buram kemudian dihitung selisihnya. Perbedaan tipis antara citra hasil dekonvolusi dengan citra foto objek asli menunjukkan bahwa program berjalan dengan baik. Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart algoritma

Fungsi pengaburan atau fungsi penyebaran titik dibuat dengan fungsi matematika tertentu. Pada penelitian ini, fungsi matematika yang digunakan adalah fungsi matematika untuk pengaburan lensa positif pada jarak tertentu. Lensa positif merupakan lensa yang umum digunakan untuk hampir semua jenis kamera lensa positif. Ini juga merupakan tiruan dari lensa mata yang terletak di belakang kornea mata dengan kekuatan lensa kornea + 10 dioptri, sedangkan kekuatan lensa mata berbeda-beda sesuai dengan objek yang akan dilihat. Fungsi sebaran titik ini kemudian dikonversikan dengan data citra fotografi yang terdiri dari tiga lapisan warna yaitu merah hijau dan biru. Dataset dikonversi dengan fungsi Spread, data hijau juga dikonversi dengan fungsi spread, begitu juga dengan data biru.

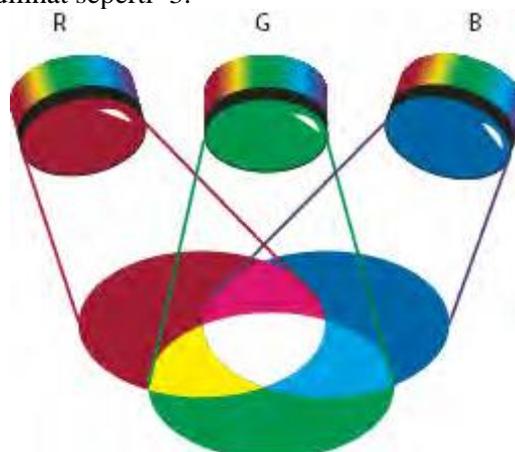
Hasil konvolusi citra digital dengan ukuran piksel $m * n$ yang dikonversi dengan fungsi Titik dengan ukuran piksel k kali l akan menghasilkan citra digital berukuran M ditambah $k-1$ dikalikan $N + l-1$. Ukuran data yang dihasilkan dari konvolusi ini lebih besar dari hasil akhir sehingga pada bagian tepi citra akan terlihat error pada citra. Inilah yang disebut efek tepi. Fungsi penyebaran titik akan memiliki radius pengaburan sebesar R . Dengan ukuran ini, ukuran fungsi penyebaran titik adalah $2R * 2R$. Perlu diperhatikan bahwa fungsi penyebaran titik harus memiliki tepi data yang bernilai nol, jika tepi data fungsi penyebaran tidak nol maka akan terjadi kesalahan pembentukan citra akibat efek tepi dari fungsi penyebaran titik. Gambar 2 menunjukkan PSF Kernel Gaussian yang dihasilkan dari fungsi Gaussian berukuran 30×30 piksel.



Gambar 2. Kernel PSF Gaussian

Data hasil citra fotografi digital memiliki ukuran yang dinyatakan dalam piksel. Satu piksel adalah satu data digital yang merupakan titik warna dari data citra digital. Jumlah piksel menentukan kualitas citra suatu citra digital, semakin banyak jumlah piksel maka semakin tinggi kualitas citra tersebut, dan semakin kecil jumlah piksel maka semakin rendah kualitas citra tersebut. Citra digital dalam Matlab tersusun dari matriks-matriks yang terdiri dari piksel-piksel. Satu citra digital memiliki 3 lapisan data yaitu data merah atau merah, data hijau atau hijau, dan data biru atau biru, sehingga sering disingkat dengan red green blue (RGB). Warna putih merepresentasikan tiga warna cahaya RGB dengan intensitas maksimal ketiga komponen tersebut, sedangkan warna hitam merepresentasikan hari hadirnya warna cahaya RGB dengan intensitas minimal ketiga komponen RGB tersebut. Penggabungan kombinasi warna ditunjukkan oleh Gambar 3.

Citra pada Matlab setiap pikselnya memiliki ukuran 8 bit untuk setiap warna dengan nilai minimum 0 dan nilai maksimum 255. Warna merah akan diwakili oleh nilai lapisan merah dengan intensitas 255 dan lapisan hijau 0 dan layer biru 0. Warna biru akan diwakili oleh nilai layer merah dengan intensitas 0, hijau dengan intensitas 0 dan biru dengan intensitas 255. Warna hijau akan diwakili oleh layer merah dengan intensitas 0, layer hijau dengan intensitas 255 dan layer biru dengan intensitas 0. Kombinasi warna citra dapat dilihat seperti 3.



Gambar 3. Kombinasi warna RGB

Proses dekonvolusi adalah proses kebalikan dari konvolusi. Jika proses konvolusi merupakan proses pengaburan, maka proses penajaman merupakan proses dekonvolusi. Pada penelitian ini proses

dekonvolusi yang digunakan adalah metode dekonvolusi Blind . Nilai kualitas hasil penajaman dapat dihitung dengan cara membandingkan nilai setiap piksel dari citra yang baik dengan citra hasil dekonvolusi. Persentase selisih nilai setiap piksel menunjukkan kesalahan yang masih terjadi pada penajaman citra. Semakin kecil persentase selisih nilai tiap piksel, maka semakin tinggi kualitas penajaman yang dilakukan.

Secara kuantitatif, perhitungan selisih antara citra yang dipertajam dengan citra referensi dapat dihitung dengan menggunakan MSE atau Mean Square Error. Mean square error adalah kesalahan kuadrat rata-rata dari setiap piksel citra. Dalam penajaman citra, perhitungan kualitas citra dapat dilakukan dengan menggunakan PSNR, yang merupakan singkatan dari peak signal to noise ratio. Mean Square Error (MSE), Root Mean Squared Error (RMSE), dan Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) adalah contoh parameter yang biasa digunakan sebagai indikator untuk mengukur kemiripan dua citra. Parameter ini sering digunakan untuk membandingkan hasil pengolahan citra dengan citra awal atau citra asli. Persamaan yang digunakan untuk menghitung ketiga parameter tersebut adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} [f(i, j) - g(i, j)]^2$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} [f(i, j) - g(i, j)]^2}$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE}$$

dimana I_{max} adalah intensitas maksimum dan MSE adalah Mean Square Error, RMSE adalah Root Mean Square Error dan PSNR adalah Peak Noise to Signal Ratio. MSE dan RMSE tidak memiliki satuan sedangkan satuan untuk PSNR adalah desibel. Semakin mirip kedua citra, semakin dekat nilai MSE dan RMSE ke nol. Sedangkan pada PSNR, dua citra dikatakan memiliki tingkat kemiripan yang rendah jika nilai PSNR di bawah 15 dB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan penajaman Citra terhadap 1 buah citra yang sudah dilakukan *blurring* dengan 5 ukuran PSF yang berbeda, kemudian dilakukan penajaman kembali dengan dekonvolusi Blind dengan PSF tersebut. Penajaman terhadap citra tersebut dilakukan dengan iterasi hingga 20 kali, dengan pertimbangan bahwa jumlah iterasi tersebut diharapkan sudah menghasilkan citra dengan nilai PSNR optimal. PSNR dari tiap iterasi dihitung tersendiri kemudian diteliti nilai PSNR maksimum yang menunjukkan bahwa Citra memiliki kualitas terbaik dibandingkan iterasi sebelumnya atau sesudahnya. Semakin besar nilai PSNR maka kualitas Citra semakin bagus artinya *signal* memiliki nilai yang secara signifikan lebih besar dari *noise*.

Hasil penajaman dengan PSF berbagai ukuran piksel

Pada bagian ini dilakukan penajaman citra, pada citra yang sebelumnya telah diburamkan dengan PSF 4x4 piksel, 5x5 piksel, 6x6 piksel, 7x7 piksel dan 8x8 piksel, kemudian dipertajam kembali dengan dekonvolusi Blind . Penajaman citra dilakukan dengan iterasi hingga 20 kali. PSNR setiap iterasi dihitung secara terpisah dan kemudian diperiksa nilai maksimum PSNR yang menunjukkan bahwa citra tersebut memiliki kualitas terbaik dibandingkan dengan iterasi sebelumnya atau sesudahnya. Semakin besar nilai PSNR maka kualitas citra semakin baik artinya sinyal memiliki nilai yang lebih besar dari *noise*.

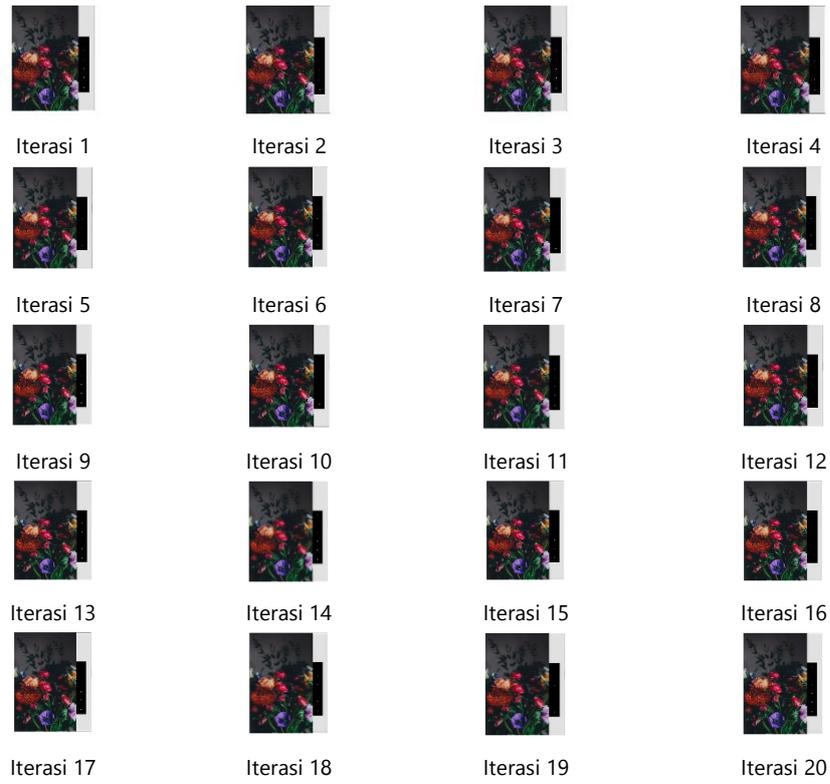
Dari tabel 1, untuk ukuran piksel PSF 4x4 terlihat bahwa nilai PSNR untuk iterasi pertama lebih kecil dari iterasi kedua. Nilai PSNR iterasi ketiga lebih besar dari nilai PSNR

iterasi kedua. Nilai ini terus meningkat hingga mencapai nilai maksimum pada iterasi ke-20. Dari Tabel 1. pada ukuran PSF 4x4 piksel terlihat bahwa PSNR tertinggi terdapat pada iterasi ke 20, sehingga secara kuantitatif dapat ditentukan citra terbaik pada iterasi ke 20. Dari citra tersebut terlihat Pada Gambar 4. secara visual kualitas citra yang terbaik mungkin tidak tampak, namun secara kuantitatif citra yang terbaik adalah citra yang dipertajam pada iterasi ke 20, hal ini berdasarkan nilai PSNR yang paling tinggi di antara 20 PSNR lainnya. Nilai PSNR dari hasil dekonvolusi untuk lima ukuran piksel berbeda ditunjukkan pada tabel 1.

Hal yang menarik dari tabel 1, adalah bahwa untuk ukuran piksel PSF 7x7 terlihat bahwa nilai PSNR untuk iterasi pertama lebih kecil dari iterasi kedua. Nilai PSNR iterasi ketiga lebih besar dari nilai PSNR iterasi kedua. Nilai ini meningkat hingga mencapai nilai maksimum pada iterasi ke-4. Kemudian terlihat bahwa pada iterasi ke-5 nilai PSNR mulai turun, hal ini menandakan dekonvolusi pada iterasi ke-5 mengalami penurunan kualitas dibandingkan dengan iterasi sebelumnya. Dari Tabel 1. pada ukuran PSF 7x7 piksel terlihat bahwa PSNR tertinggi terdapat pada iterasi ke 4, sehingga secara kuantitatif dapat ditentukan citra terbaik pada iterasi ke 4. Dari citra tersebut terlihat Pada Gambar 4. secara visual kualitas citra yang terbaik mungkin tidak tampak, namun secara kuantitatif citra yang terbaik adalah citra yang dipertajam pada iterasi ke 4, hal ini berdasarkan nilai PSNR yang paling tinggi di antara 20 PSNR lainnya.

Tabel 1. Nilai PSNR akibat bilangan iterasi (N)

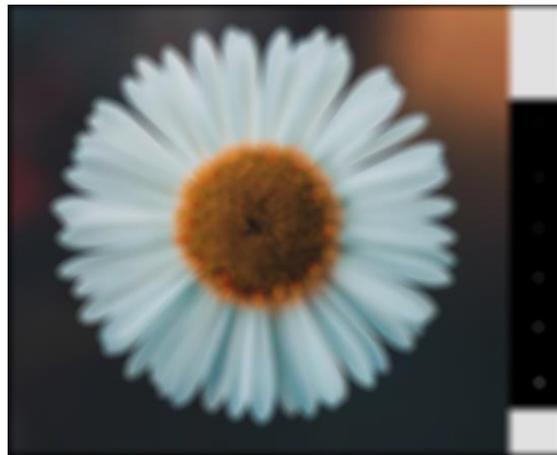
Iterasi	PSNR(dB)				
	4x4 piksel	5x5 piksel	6x6 piksel	7x7 piksel	8x8 piksel
1	22.27665	20.8673	21.52414	20.55207	20.91839
2	22.47336	20.85699	21.72999	20.60955	21.12781
3	22.62620	20.81353	21.91041	20.64191	21.32717
4	22.76276	20.75201	22.0769	20.64948	21.52065
5	22.87488	20.68359	22.22904	20.63356	21.69371
6	22.96907	20.61143	22.36069	20.60238	21.85267
7	23.03989	20.54722	22.47308	20.56633	21.98567
8	23.09016	20.49414	22.56682	20.52650	22.09947
9	23.12792	20.45824	22.63672	20.48637	22.19704
10	23.16246	20.42907	22.69343	20.45077	22.28339
11	23.18894	20.40823	22.73971	20.42519	22.35484
12	23.20888	20.39123	22.78006	20.40695	22.41486
13	23.23002	20.37778	22.81288	20.39555	22.46268
14	23.2464	20.36354	22.84258	20.38405	22.49951
15	23.26256	20.35059	22.86565	20.37523	22.52814
16	23.27625	20.33763	22.88572	20.36584	22.55633
17	23.29036	20.32601	22.90439	20.35877	22.58241
18	23.30335	20.31361	22.92354	20.35195	22.60673
19	23.31389	20.30303	22.94006	20.34393	22.62946
20	23.32390	20.29284	22.95484	20.33851	22.64950



Gambar 4. Hasil penajaman PSF 7x7 piksel dengan iterasi 20 kali



(a) Citra Referensi



(b) Citra Blur



(c) Citra penajaman maksimum

Gambar 5. (a) Citra referensi, (b) Citra buram dan (c) Citra yang dipertajam maksimum

Gambar 5. menunjukkan citra referensi, citra buram dan citra penajaman maksimum yang dihasilkan dari dekonvolusi Blind . Dari Gambar tersebut terlihat bahwa hasil penajaman memiliki kualitas yang jauh lebih baik daripada citra yang buram dan mendekati kualitas citra referensi walaupun tidak sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa penajaman citra dengan metode dekonvolusi Blind menghasilkan penajaman yang signifikan. Grafik perubahan nilai PNSR terhadap jumlah iterasi untuk PSF dengan berbagai ukuran pixel ditunjukkan oleh gambar 6.



Gambar 6. Grafik perubahan PSNR berbagai piksel dengan iterasi 20 kali

Pengaruh ukuran piksel PSF terhadap jumlah iterasi hasil PSNR maksimum

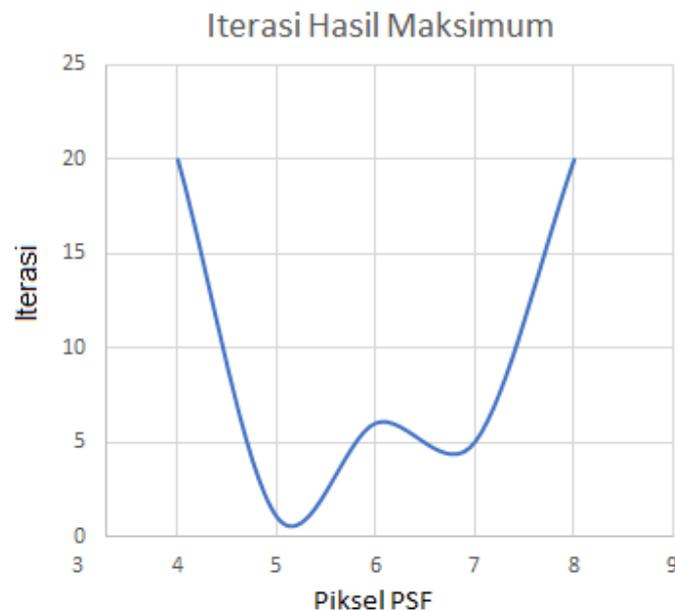
Pada sub bab ini akan dibahas tentang pengaruh ukuran pixel dari psf terhadap jumlah iterasi yang diperlukan untuk menghasilkan citra dengan hasil citra yang paling berkualitas yang akan ditunjukkan oleh nilai PSNR yang tertinggi. Hal ini dilakukan untuk jumlah pixel yang berbeda-beda yaitu 4 x 4, 5 x 5, 6 x 6, 7 x 7 dan 8 x 8 piksel dari point spread function (PSF).

Tabel 2. Grafik hubungan antara jumlah pixel terhadap jumlah iterasi dengan hasil Citra terbaik

Pixel	Iterasi Hasil Maksimum
4	20
5	1
6	20
7	4
8	20

Tabel 2. menunjukkan hubungan antara jumlah pixel terhadap jumlah iterasi dengan hasil Citra terbaik dengan nilai PSNR maksimum. Dari tabel tersebut kemudian dibuatlah grafik hubungan antara jumlah pixel dengan jumlah iterasi yang memiliki nilai PSNR maksimum sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 7. Dari tabel tersebut tampak bahwa untuk ukuran piksel

PSF bernilai genap, nilai PNSR cenderung naik seiring dengan jumlah iterasi, sedangkan ukuran piksel PSF bernilai ganjil, nilai PNSR cenderung turun seiring dengan jumlah iterasi, walaupun pada ukuran piksel 7x7, nilai PSNR mengalami kenaikan pada iterasi ke 1 sampai 4, kemudian penurunan setelah iterasi ke 4.



Gambar 7. Grafik iterasi dengan hasil citra terbaik terhadap jumlah piksel PSF

Dari data yang termuat dalam tabel dan yang telah dituangkan dalam bentuk grafik tersebut, tampak bahwa tidak ada hubungan matematis antara jumlah pixel point spread function (PSF) terhadap jumlah iterasi yang menghasilkan citra terbaik. Dari data tersebut tampak bahwa tidak ada korelasi antara jumlah pixel PSF terhadap jumlah iterasi yang dapat menghasilkan nilai PSNR terbesar. Akan tetapi pola yang tampak adalah nilai ganjil genap pada ukuran piksel PSF tersebut.

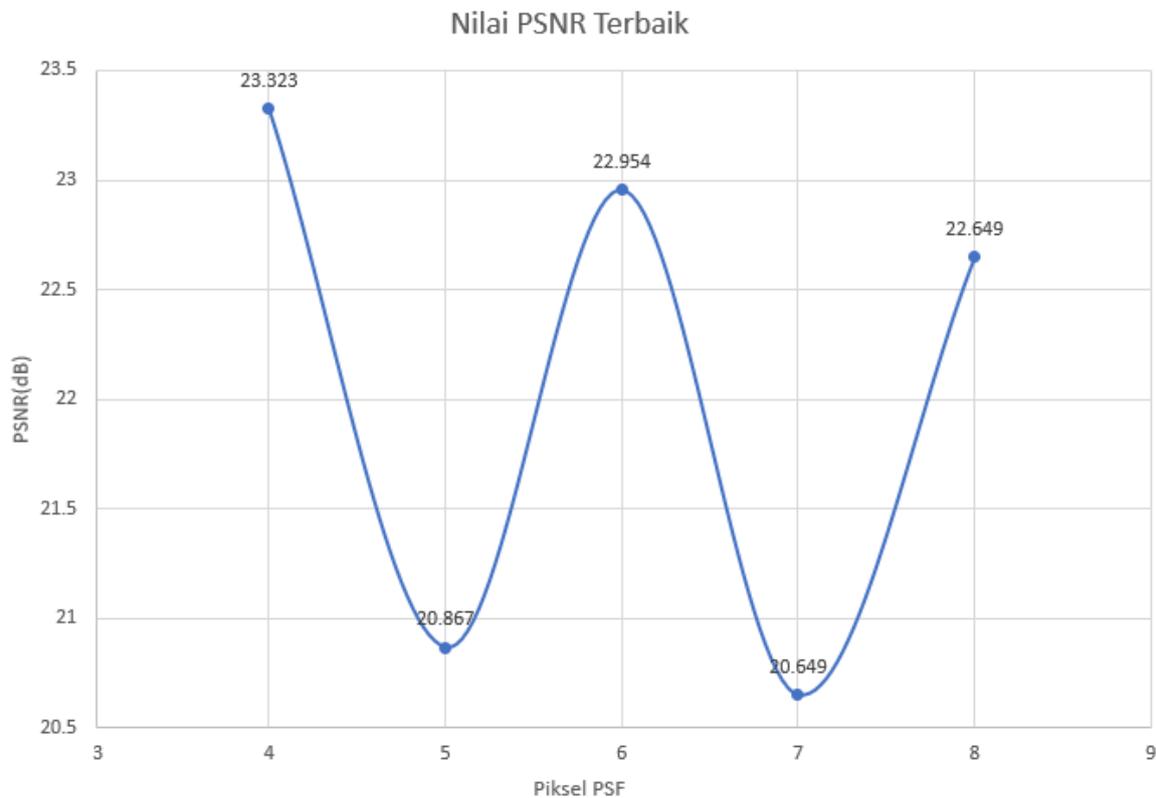
Pengaruh ukuran piksel PSF terhadap nilai maksimum PSNR

Pada sub bab ini akan dibahas tentang pengaruh ukuran pixel dari psf terhadap nilai maksimum PSNR yang menunjukkan citra dengan hasil gambar yang paling berkualitas. Hal ini dilakukan untuk jumlah pixel yang berbeda-beda yaitu 4 x 4, 5 x 5, 6 x 6, 7 x 7 dan 8 x 8 piksel dari point spread function (PSF).

Tabel 3. Hubungan antara jumlah piksel terhadap nilai PSNR dengan hasil Citra terbaik

Pixel	PSNR(dB)
4	23.323
5	20.867
6	22.954
7	20.649
8	22.649

Tabel 3. menunjukkan hubungan antara jumlah pixel terhadap nilai PSNR dengan hasil Citra terbaik. Dari tabel tersebut kemudian dibuatlah grafik hubungan antara jumlah piksel dengan jumlah literasi yang memiliki nilai PSNR maksimum sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan antara jumlah piksel dengan nilai PSNR terbaik

Dari data yang termuat dalam tabel dan yang telah dituangkan dalam bentuk grafik tersebut, tampak bahwa kemungkinan ada hubungan matematis antara jumlah piksel point spread function (PSF) terhadap nilai PSNR yang menghasilkan citra terbaik. Dari data tersebut tampak bahwa kemungkinan ada korelasi antara jumlah pixel PSF terhadap jumlah literasi yang dapat menghasilkan nilai PSNR terbesar, hal ini tampaknya dipengaruhi oleh ganjil genapnya piksel PSF. Dari grafik tampak bahwa secara umum, semakin besar piksel PSNR akan menghasilkan citra hasil deblurring dengan PNSR yang semakin kecil. Jumlah piksel PSF genap akan menghasilkan deblurring dengan PSNR yang lebih besar dibandingkn nilai PSF ganjil.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dekonvolusi Blind cukup baik untuk penajaman citra akibat efek pengkaburan lensa. Untuk jumlah piksel yang genap, nilai PSNR pada iterasi pertama selalu lebih rendah dari PSNR pada iterasi berikutnya, sedangkan pada PSF ganjil nilai PNSR cenderung turun.

Dari data yang termuat dalam tabel dan yang telah dituangkan dalam bentuk grafik, tampak bahwa kemungkinan ada hubungan matematis antara jumlah piksel point spread function (PSF) terhadap nilai PSNR dengan hasil citra terbaik. Dari grafik tersebut tampak bahwa kemungkinan ada korelasi antara jumlah pixel PSF terhadap jumlah iterasi yang dapat menghasilkan nilai PSNR terbesar, hal ini tampaknya dipengaruhi oleh ganjil genapnya jumlah piksel PSF. Dari grafik tersebut tampak bahwa secara umum, semakin besar piksel PSNR akan menghasilkan citra hasil deblurring dengan PNSR yang semakin kecil. Jumlah piksel PSF genap cenderung menghasilkan deblurring dengan PSNR yang lebih besar dibandingkn nilai PSF ganjil.

SARAN

Untuk mengetahui hubungan antara jumlah piksel PSF terhadap jumlah iterasi maupun nilai PSNR terbaik dengan lebih detail, perlu dilakukan penelitian dengan jumlah piksel PSF yang lebih banyak. Perlu juga dipisahkan antara jumlah piksel PSF yang genap dengan jumlah piksel PSF yang ganjil. Dari grafik hubungan antara jumlah iterasi terhadap nilai PSNR tampak bahwa untuk iterasi pertama hingga ke sepuluh terjadi perubahan signifikan pada nilai PSNR, sedangkan pada itersi kesepuluh hingga ke duapuluh, perubahan tidak lagi signifikan sebagaimana ditunjukkan oleh grafik yang cenderung datar pada rentang tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa percobaan deblurring dengan iterasi sebanyak 20 kali, sudah cukup bagus dan iterasi tidak perlu diperpanjang lagi, untuk penghematan waktu running program.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahat, Y.; Efrat, N.; Irani, M. Non-uniform Blind Deblurring by Reblurring. In Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Venice, Italy, 22–29 October 2017; pp. 3306–3314.
- Brylka, R.; Schwanecke, U.; Bierwirth, B. Camera Based Barcode Localization and Decoding in Real-World Applications. In Proceedings of the 2020 International Conference on Omni-layer Intelligent Systems (COINS), Barcelona, Spain, 31 August–2 September 2020; pp. 1–8.
- Darma Putra, Pengolahan Citra Digital, Westriningsih, Ed. Yogyakarta: Andi, 2010.
- Dian Eka Apriliyani, "Analisis Kinerja Metode Blind Dan Blind Deconvolution," Jurnal Rekayasa Teknologi, vol. 22, no. 1, pp. 62-69, April 2017.
- Fiori, S. Fast fixed-point neural Blinddeconvolution algorithm. IEEE Trans. Neural Netw. 2004, 15, 455–459.
- Lai, W.; Huang, J.; Hu, Z.; Ahuja, N.; Yang, M. A Comparative Study for Single Image Blind Deblurring. In Proceedings of the 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 26 June–1 July 2016; pp. 1701–1709.
- Levin, A.; Weiss, Y.; Durand, F.; Freeman, W.T. Understanding Blind Deconvolution Algorithms. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 2011, 33, 2354–2367.
- Lou, Y.; Esser, E.; Zhao, H.; Xin, J. Partially Blind Deblurring of Barcode from Out-of-Focus Blur. SIAM J. Imaging Sci. 2014, 7,740–760.
- Mai Sarah Sujiah, "Aplikasi Perbaikan Fase Citra Untuk Mempertajam Citra Menggunakan metode Fourier Phase Only Synthesis," Jurnal Ilmiah INFOTEK, vol. 1, no. 1, pp. 99-105, februari 2016.
- Seli Widiastuti, Dewi Agushinta R Dini Sundani, "Aplikasi Penajaman Citra (Image Sharpening) Berdasarkan Prinsip Kuantum," Pro siding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST), p. 201, November 2014.

- Srinivasan, P.P.; Ng, R.; Ramamoorthi, R. Light Field Blind Motion Deblurring. In Proceedings of the 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Honolulu, HI, USA, 21–26 July 2017; pp. 2354–2362.
- Sutoyo, T., Teori Pengolahan Citra Digital, 1st ed., Benedicta Rini W, Ed. Yogyakarta, Indonesia: C.V Andi OFFSET, 2010.
- Vorontsov, S.V.; Jefferies, S.M. A new approach to blind deconvolution of astronomical images. *Inverse Probl.* 2017, 33, 055004.
- Wiwien Hadikurniawati dan Zuli Budiarto Eka Ardhianto, "Implementasi Metode Image Subtracting dan Metode Regionprops untuk Mendeteksi Jumlah Objek Berwarna RGB pada File Video," *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, vol. 18, no. 2, pp. 91-100, July 2012.
- Zhang, H.; Wipf, D.; Zhang, Y. Multi-image Blind Deblurring Using a Coupled Adaptive Sparse Prior. In Proceedings of the 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Portland, OR, USA, 23–28 June 2013; pp. 1051–1058