

Image Restoration Menggunakan Metode Lucy-Richardson Pada Citra Underwater

Sriyanti Boang Manalu

Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Budi Darma, Medan, Indonesia
Email: sriyantimanalu@gmail.com

Abstrak—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. Dengan adanya restoration image bertujuan untuk menghilangkan atau meminimumkan cacat pada citra. Tujuannya hampir sama dengan operasi perbaikan citra, bedanya pada pemugaran citra penyebab degradasi gambar diketahui. Untuk restoration image tersebut menggunakan metode Lucy-Richardson untuk image restoration dan metode tersebut mampu menjadi solusi dari permasalahan diatas.

Kata Kunci: Citra; Image Restoration; Lucy Richardson

Abstract—Image restoration is a step to get a clearer image of a degraded image by only knowing some of the degradation factors of that image. Image restoration is different from improving image quality (image enhancement) even though both of them aim to improve image quality. Image enhancement is more related to the sharpening of certain features in the image, while image restoration utilizes knowledge about the process of degradation to recover the original image. The image restoration aims to eliminate or minimize defects in the image. The goal is almost the same as image repair operations, the difference being the restoration of the image that causes image degradation is known. For the image restoration using the Lucy-Richardson method for image restoration and the method can be the solution to the above problems

Keywords: Image; Image Restoration; Lucy Richardson

1. PENDAHULUAN

Restorasi citra untuk merekonstruksi atau mengembalikan citra yang telah terdegradasi dengan memanfaatkan pengetahuan tentang fenomena degradasi. Lepas dari itu, koreksi citra merupakan suatu operasi pengondisian supaya citra yang akan digunakan benar-benar memberikan informasi yang akurat secara geometris dan radiometris. Restorasi citra mengambil peran yang sangat penting, terlebih pada saat ini berada dalam era citra digital, sebab seperti yang diketahui, alat-alat optik digital seperti kamera terkadang memiliki keterbatasan dalam menangkap citra, sehingga menyebabkan citra yang dihasilkan kabur atau dalam dunia pemrosesan sinyal disebut sebagai noise, adapun noise ini bisa disebabkan oleh keterbatasan perangkat maupun manusia [1].

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 [2].

Dengan adanya restoration image bertujuan untuk menghilangkan atau meminimumkan cacat pada citra. Tujuannya hampir sama dengan operasi perbaikan citra, bedanya pada pemugaran citra penyebab degradasi gambar diketahui. Untuk restoration image tersebut menggunakan metode Lucy-Richardson untuk image restoration dan metode tersebut mampu menjadi solusi dari permasalahan diatas.

Citra underwater adalah citra yang banyak digunakan sebagai objek dalam berbagai aktifitas seperti underwater archeology, untuk pemetaan habitat bawah air, pengawasan lingkungan bawah air, pencarian objek di bawah air, pemetaan dasar laut untuk kepentingan pencarian sumur minyak dan lain sebagainya, Citra bawah air yang dikuasai dengan unmanned kebiruan salah satu faktor yang mempengaruhi hasil recognition dalam pattern recognition adalah kualitas citra yang menjadi masukan.

Mengenai kualitas citra underwater sekarang ini adalah Peningkatan kualitas citra pada dasarnya meningkatkan persepsi atau kemampuan menerjemahkan informasi gambar untuk manusia dan memberikan masukan “lebih baik” pada teknik pengolahan citra otomatis yang lain. Tujuan utama dari

peningkatan citra adalah memodifikasi atribut gambar untuk membuatnya lebih cocok dalam menjalankan suatu tugas dan pengamatan yang lebih khusus. Faktor-faktor pengamatan yang lebih detil, seperti sistem pengamatan manusia dan pengalaman pengamat, akan memperkenalkan banyak subjektivitas ke pemilihan metode peningkatan citra. Ada banyak teknik yang dapat meningkatkan gambar digital tanpa merusak gambar [3].

Adapun proses pengambilan gambar akan dilakukan oleh sebuah kamera bawah air (action-cam). Action-cam merupakan sebuah perangkat optik yang dapat digunakan untuk mengambil gambar berupa foto ataupun video. Sesuai dengan namanya, action-cam banyak digunakan sebagai kamera yang dapat mendampingi para user dalam melakukan sebuah kegiatan outdoor. Salah satunya adalah kegiatan penjelajahan bawah air. Sebuah action-cam tetap dapat beroperasi didalam air karena kamera ini dilengkapi dengan sebuah waterproof case yang tahan hingga kedalaman

maksimal 40 meter di bawah permukaan air. Karena kemampuannya ini action-cam dapat difungsikan sebagai sebuah piranti yang dapat membantu dalam proses pengambilan data dalam penelitian ini. Pada penelitian sebelumnya mengenai pemakaian kamera bawah air sudah banyak dilakukan, salah satunya penelitian tentang penggunaan kamera bawah air yang dipasangkan ke robot untuk kegiatan monitoring.

Kendala yang dihadapi oleh fotografer bawah air adalah hilangnya warna dan kontras ketika terendam ke kedalaman yang signifikan. Semakin panjang gelombang sinar matahari (seperti merah atau oranye) diserap dengan cepat oleh air di sekitarnya, sehingga yang dilihat tampak berwarna biru kehijauan. Hilangnya warna tidak hanya meningkat secara vertikal melalui kolom air, tetapi juga secara horizontal, sehingga subjek yang jauh dari kamera juga akan tampak tidak berwarna dan tidak jelas. Bahkan dalam air yang jernih, seperti yang ditemukan di sekitar terumbu karang tropis. Efek lingkungan lainnya adalah jarak pandang. Jarak pandang dapat ditingkatkan dengan pencahayaan buatan tetapi sumber-sumber ini tidak hanya mengalami kesulitan yang dijelaskan sebelumnya (hamburan dan penyerapan), tetapi selain itu cenderung menerangi pemandangan dengan cara yang tidak seragam, menghasilkan titik terang di pusat gambar dengan area yang kurang terang di sekitarnya.

Algoritma Lucy-Richardson digunakan untuk deblurring pada sembarang citra yang mengalami degradasi[4]. Algoritma Lucy-Richardson juga memiliki kelemahan yang disebut artifact atau pengerasan noise[5]. Cara praktis untuk membatasi pengerasan noise adalah menghentikan iterasi saat citra restorasi muncul dengan derau yang terlalu banyak.

Pada penelitian terdahulu yang diperoleh hasilnya cukup signifikan yang dihasilkan dari kedua metode. Dan hasil citra yang didapatkan dari proses image restoration tersebut juga sudah signifikan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pengolahan Citra

Pengolahan citra digital (*Digital Image Processing*) adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari tentang teknik-teknik mengolah citra. Citra yang dimaksud disini adalah gambar diam (foto) maupun gambar bergerak (yang berasal dari webcam). Sedangkan digital disini mempunyai maksud bahwa pengolahan citra/gambar dilakukan secara digital menggunakan komputer. Secara matematis, citra merupakan fungsi kontinyu (*continue*) dengan intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Agar dapat diolah dengan komputer digital, maka suatu citra harus dipresentasikan secara numerik dengan nilai-nilai diskrit. Reperesentasi dari fungsi kontinyu menjadi nilai-nilai diskrit disebut digitalisasi citra. Sebuah citra digital dapat diwakili oleh sebuah matriks dua dimensi $f(x,y)$ yang terdiri dari M kolom dan N baris, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel (*pixel = picture element*) atau elemen terkecil dari sebuah citra[1].

2.2 Image Restoration

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[4].

2.3 Metode Lucy-Rihardson

Algoritma Lucy-Richardson (L-R), yang dikenal juga dengan dekonvolusi Lucy-Richardson, dikembangkan secara independen oleh Richardson (1972) dan Lucy (1974). Algoritma ini efektif jika kita mengetahui PSF tetapi hanya mengetahui sedikit mengenai derau aditif pada citra. Algoritma ini pada mulanya digunakan untuk merestorasi citra astronomi, sebelum akhirnya digunakan juga secara luas untuk merestorasi sembarang citra yang mengalami keaburan. Algoritma ini memaksimalkan kemungkinan (maximum likelihood) bahwa sebuah citra bila dikonvolusi dengan PSF hasilnya adalah instansiasi dari citra kabur, dengan mengasumsikan derau tersebut dengan distribusi Poisson.

$$p(x) = \frac{e^{-a} a^x}{x!} \quad (1)$$

Dengan x adalah peubah acak dan a adalah konstanta. Esensi dari iterasi adalah sebagai berikut: estimasi ke- $(n+1)$ dari citra restorasi adalah estimasi ke- n citra restorasi dikali dengan citra koreksi. Persamaan iterasinya adalah:

$$\hat{f}_{n+1} = \hat{f}_n \left(\frac{g}{\hat{f}_n * PSF} \right) * reflect(PSF) \quad (2)$$

yang 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, yaitu $Reflect(PSF(x,y)) = PSF(-x, -y)$, dan $\left(\frac{g}{\hat{f}_n * PSF} \right) * reflect(PSF)$ menyatakan citra koreksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra (image) sebagai salah satu komponen multimedia yang memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks yaitu citra kaya dengan informasi. Ada sebuah peribahasa yang berbunyi 'Sebuah gambar bermakna lebih dari seribu kata', maksudnya sebuah gambar dapat memberikan informasi yang lebih banyak dari pada informasi tersebut disajikan dalam bentuk kata-kata (tekstual). Akan

tetapi, sering kali informasi yang disajikan dengan citra berbeda dengan informasi aslinya. Dalam hal ini citra mengalami penurunan mutu misalnya mengandung cacat atau derau, warnanya terlalu kontras, kurang tajam, kabur dan masih banyak lagi. Agar citra mudah diinterpretasi, maka citra yang mengalami degradasi tersebut perlu dimanipulasi menjadi citra lain yang kualitasnya lebih baik yaitu melalui sebuah proses yang dinamakan pengolahan citra (image processing).

Dalam pengolahan citra ada yang dinamakan perbaikan kualitas citra. perbaikan kualitas citra bertujuan untuk memperbaiki interpretasi dan persepsi informasi yang terkandung didalam sebuah citra oleh penglihatan manusia. Citra masukan yang warnanya kurang tajam, kabur (blurring), mengandung noise (misalnya bintik-bintik putih), akan direduksi dikarenakan citra tersebut menjadi sulit diinterpretasikan dan informasi yang disampaikan akan menjadi berkurang. Apabila citra yang mengandung noise langsung diproses dan diekstrak, maka fitur-fitur penting yang terdapat didalam sebuah citra dapat menimbulkan masalah akurasi. Jadi sebaiknya citra tersebut dibersihkan dari noise terlebih dahulu, dan kemudian diproses untuk diekstrak fitur-fitur pentingnya.

Untuk mempermudah dalam memperbaiki kualitas citra, maka diperlukan teknik image enhancement. image enhancement memiliki arti secara utuh adalah mempertinggi atau meningkatkan kualitas image dengan algoritma-algoritma tertentu. Proses-proses dalam image enhancement terdiri dari sekumpulan teknik yang dilakukan untuk meningkatkan tampilan visual dari sebuah image, atau untuk mengkonversi image kedalam bentuk yang lebih cocok untuk analisa mata manusia atau analisa mesin. Salah satu algoritma image enhancement yang dikenal adalah algoritma Lucy-Richardson. Maka aplikasi yang dirancang akan menggunakan algoritma Lucy-Richardson.

3.1.1 Penerapan Metode Lucy-Richardson

Dalam perbaikan kualitas citra yang pertama kali harus dilakukan adalah menginputkan citra, dan citra yang saya akan inputkan adalah citra *grayscale* dan berformat jpg. Pada bab ini kita akan mencoba untuk menghitung citra yang beresolusi 5x5. Adapun gambar *grayscale* yang diinputkan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & \mathbf{180} & \mathbf{172} & \mathbf{159} & 156 \\ 139 & \mathbf{144} & \mathbf{142} & \mathbf{135} & 135 \\ 120 & \mathbf{129} & \mathbf{131} & \mathbf{124} & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya nilai tersebut akan kita kalikan dengan kernel(PSF)

$$\begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

Kernel diatas merupakan nilai yang didapat dari PSF *blur gaussian*, dengan menggunakan *tools matlab R2103a*. Dengan perintah *coding PSF=fspecial('gaussian',3,5);*. Setelah mendapatkan nilai blur, maka tahapan selanjutnya adalah memperbaiki kembali nilai blur tersebut menggunakan algoritma *Lucy-Richardson*, dalam algoritma *Lucy-Richardson* terdapat *iterasi*(perulangan) dan disini kita hanya menggunakan tiga kali *iterasi*.

$$f_{n+1} = f_n \left(\frac{g}{f_n * PSF} \right) * reflect(PSF) =$$

Langkah awal iterasi pertama pengerjaan algoritma ini adalah mengkonvolusikan nilai f_n dengan nilai *PSF*, kemudian langkah selanjutnya membagikan nilai g dengan hasil dari konvolusi nilai f_n dengan *PSF*, seperti rumus yang terlihat $\left(\frac{g}{f_n * PSF} \right)$, dan di bawah ini adalah pengerjaannya *Iterasi* pertama :

$$f_{n+1} = f_n \left(\frac{g}{f_n * PSF} \right) * reflect(PSF) =$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{221} & \mathbf{216} & \mathbf{199} & 179 & 171 \\ \mathbf{181} & \mathbf{180} & \mathbf{172} & 159 & 156 \\ \mathbf{139} & \mathbf{144} & \mathbf{142} & 135 & 135 \\ 120 & 129 & 131 & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(1.1) = [0.1096 * 221] + [0.1118 * 216] + [0.1096 * 199] + [0.1118 * 181] + [0.1141 * 180] + [0.1118 * 172] + [0.1096 * 139] + [0.1118 * 144] + [0.1096 * 142] = 177.081 = 177$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & \mathbf{180} & \mathbf{172} & \mathbf{159} & 156 \\ 139 & \mathbf{144} & \mathbf{142} & \mathbf{135} & 135 \\ 120 & 129 & 131 & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(1.2) = [0.1096 * 216] + [0.1118 * 199] + [0.1096 * 179] + [0.1118 * 180] + [0.1141 * 172] + [0.1118 * 159] + [0.1096 * 144] + [0.1118 * 142] + [0.1096 * 135] = 169.5196 = 169$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & \mathbf{199} & \mathbf{179} & \mathbf{171} \\ 181 & 180 & \mathbf{172} & \mathbf{159} & \mathbf{156} \\ 139 & 144 & \mathbf{142} & \mathbf{135} & \mathbf{135} \\ 120 & 129 & 131 & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(1.3) = [0.1096 * 199] + [0.1118 * 179] + [0.1096 * 171] + [0.1118 * 172] + [0.1141 * 159] + [0.1118 * 156] + [0.1096 * 142] + [0.1118 * 135] + [0.1096 * 135] = 160.8287 = 161$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ \mathbf{181} & \mathbf{180} & \mathbf{172} & 159 & 156 \\ \mathbf{139} & \mathbf{144} & \mathbf{142} & 135 & 135 \\ \mathbf{120} & \mathbf{129} & \mathbf{131} & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(2.1) = [0.1096 * 181] + [0.1118 * 180] + [0.1096 * 172] + [0.1118 * 139] + [0.1141 * 144] + [0.1118 * 142] + [0.1096 * 120] + [0.1118 * 129] + [0.1096 * 131] = 148.5908 = 148$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & \mathbf{180} & \mathbf{172} & \mathbf{159} & 156 \\ 139 & \mathbf{144} & \mathbf{142} & \mathbf{135} & 135 \\ 120 & \mathbf{129} & \mathbf{131} & \mathbf{124} & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(2.2) = [0.1096 * 180] + [0.1118 * 172] + [0.1096 * 159] + [0.1118 * 144] + [0.1141 * 142] + [0.1118 * 135] + [0.1096 * 129] + [0.1118 * 131] + [0.1096 * 124] = 146.153 = 146$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & \mathbf{172} & \mathbf{159} & \mathbf{156} \\ 139 & 144 & \mathbf{142} & \mathbf{135} & \mathbf{135} \\ 120 & 129 & \mathbf{131} & \mathbf{124} & \mathbf{121} \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(2.3) = [0.1096 * 172] + [0.1118 * 159] + [0.1096 * 156] + [0.1118 * 142] + [0.1141 * 135] + [0.1118 * 135] + [0.1096 * 131] + [0.1118 * 124] + [0.1096 * 121] = 141.5795 = 141$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ \mathbf{139} & \mathbf{144} & \mathbf{142} & 135 & 135 \\ \mathbf{120} & \mathbf{129} & \mathbf{131} & 124 & 121 \\ \mathbf{255} & \mathbf{255} & \mathbf{255} & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(3.1) = [0.1096 * 139] + [0.1118 * 144] + [0.1096 * 142] + [0.1118 * 120] + [0.1141 * 129] + [0.1118 * 131] + [0.1096 * 255] + [0.1118 * 255] + [0.1096 * 255] = 174.0825 = 17$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ 139 & \mathbf{144} & \mathbf{142} & \mathbf{135} & 135 \\ 120 & \mathbf{129} & \mathbf{131} & \mathbf{124} & 121 \\ 255 & \mathbf{255} & \mathbf{255} & \mathbf{250} & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(3.2) = [0.1096 * 144] + [0.1118 * 142] + [0.1096 * 135] + [0.1118 * 129] + [0.1141 * 131] + [0.1118 * 124] + [0.1096 * 255] + [0.1118 * 255] + [0.1096 * 250] = 173.5435 = 173$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ 139 & 144 & \mathbf{142} & \mathbf{135} & \mathbf{135} \\ 120 & 129 & \mathbf{131} & \mathbf{124} & \mathbf{121} \\ 255 & 255 & \mathbf{255} & \mathbf{250} & \mathbf{242} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(3.3) = [0.1096 * 142] + [0.1118 * 135] + [0.1096 * 135] + [0.1118 * 131] + [0.1141 * 124] + [0.1118 * 121] + [0.1096 * 255] + [0.1118 * 250] + [0.1096 * 242] = 170.1954 = 170$$

Cara pengkonvolusiannya sama seperti cara konvolusi diatas, maka dari konvolusi tersebut di dapat nilai hasil sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177 & 169 & 161 & 156 \\ 139 & 148 & 146 & 141 & 135 \\ 120 & 174 & 173 & 170 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

Langkah selanjutnya adalah membagikan nilai g dengan nilai hasil *output* konvolusi sebelumnya $\frac{g}{f_n * PSF}$ langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ 139 & 144 & 142 & 135 & 135 \\ 120 & 129 & 131 & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177 & 169 & 161 & 156 \\ 139 & 148 & 146 & 141 & 135 \\ 120 & 174 & 173 & 170 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

Dari pembagian diatas maka didapat nilai hasil sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Langkah selanjutnya adalah mengkalikan hasil *output* sebelumnya dengan nilai f_n .

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ 139 & 144 & 142 & 135 & 135 \\ 120 & 129 & 131 & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Dari hasil perkalian diatas maka didapat nilai hasil *output* adalah sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ 139 & 144 & 142 & 135 & 135 \\ 120 & 129 & 131 & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

Setelah mendapat kan hasil nilai *output*, langkah selanjutnya adalah mengkonvolusikan nilai hasil tersebut dengan nilai dari *reflect(PSF)*, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ 139 & 144 & 142 & 135 & 135 \\ 120 & 129 & 131 & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(1.1) = [0.1096 * 221] + [0.1118 * 216] + [0.1096 * 199] + [0.1118 * 181] + [0.1141 * 180] + [0.1118 * 172] + [0.1096 * 139] + [0.1118 * 144] + [0.1096 * 142] = 177.081 = 177$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ 139 & 144 & 142 & 135 & 135 \\ 120 & 129 & 131 & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(1.2) = [0.1096 * 216] + [0.1118 * 199] + [0.1096 * 179] + [0.1118 * 180] + [0.1141 * 172] + [0.1118 * 159] + [0.1096 * 144] + [0.1118 * 142] + [0.1096 * 135] = 169.5196 = 169$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ 139 & 144 & 142 & 135 & 135 \\ 120 & 129 & 131 & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(1.3) = [0.1096 * 199] + [0.1118 * 179] + [0.1096 * 171] + [0.1118 * 172] + [0.1141 * 159] + [0.1118 * 156] + [0.1096 * 142] + [0.1118 * 135] + [0.1096 * 135] = 160.8287 = 161$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ \mathbf{181} & \mathbf{180} & \mathbf{172} & 159 & 156 \\ \mathbf{139} & \mathbf{144} & \mathbf{142} & 135 & 135 \\ \mathbf{120} & \mathbf{129} & \mathbf{131} & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(2.1) = [0.1096 * 181] + [0.1118 * 180] + [0.1096 * 172] + [0.1118 * 139] + [0.1141 * 144] + [0.1118 * 142] + [0.1096 * 120] + [0.1118 * 129] + [0.1096 * 131] = 148.5908 = 148$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & \mathbf{180} & \mathbf{172} & \mathbf{159} & 156 \\ 139 & \mathbf{144} & \mathbf{142} & \mathbf{135} & 135 \\ 120 & \mathbf{129} & \mathbf{131} & \mathbf{124} & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(2.2) = [0.1096 * 180] + [0.1118 * 172] + [0.1096 * 159] + [0.1118 * 144] + [0.1141 * 142] + [0.1118 * 135] + [0.1096 * 129] + [0.1118 * 131] + [0.1096 * 124] = 146.153 = 146$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & \mathbf{172} & \mathbf{159} & \mathbf{156} \\ 139 & 144 & \mathbf{142} & \mathbf{135} & \mathbf{135} \\ 120 & 129 & \mathbf{131} & \mathbf{124} & \mathbf{121} \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(2.3) = [0.1096 * 172] + [0.1118 * 159] + [0.1096 * 156] + [0.1118 * 142] + [0.1141 * 135] + [0.1118 * 135] + [0.1096 * 131] + [0.1118 * 124] + [0.1096 * 121] = 141.5795 = 141$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ \mathbf{139} & \mathbf{144} & \mathbf{142} & 135 & 135 \\ \mathbf{120} & \mathbf{129} & \mathbf{131} & 124 & 121 \\ \mathbf{255} & \mathbf{255} & \mathbf{255} & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(3.1) = [0.1096 * 139] + [0.1118 * 144] + [0.1096 * 142] + [0.1118 * 120] + [0.1141 * 129] + [0.1118 * 131] + [0.1096 * 255] + [0.1118 * 255] + [0.1096 * 255] = 174.0825 = 174$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ 139 & \mathbf{144} & \mathbf{142} & \mathbf{135} & 135 \\ 120 & \mathbf{129} & \mathbf{131} & \mathbf{124} & 121 \\ 255 & \mathbf{255} & \mathbf{255} & \mathbf{250} & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(3.2) = [0.1096 * 144] + [0.1118 * 142] + [0.1096 * 135] + [0.1118 * 129] + [0.1141 * 131] + [0.1118 * 124] + [0.1096 * 255] + [0.1118 * 255] + [0.1096 * 250] = 173.5435 = 173$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ 139 & 144 & \mathbf{142} & \mathbf{135} & \mathbf{135} \\ 120 & 129 & \mathbf{131} & \mathbf{124} & \mathbf{121} \\ 255 & 255 & \mathbf{255} & \mathbf{250} & \mathbf{242} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

$$f(3.3) = [0.1096 * 142] + [0.1118 * 135] + [0.1096 * 135] + [0.1118 * 131] + [0.1141 * 124] + [0.1118 * 121] + [0.1096 * 255] + [0.1118 * 250] + [0.1096 * 242] = 170.1954 = 170$$

Dari hasil perhitungan konvolusi nilai f_n dengan nilai pencerminan(PSF), maka didapat hasil nilai *output* f_1 sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & \mathbf{177} & \mathbf{169} & \mathbf{161} & 156 \\ 139 & \mathbf{148} & \mathbf{146} & \mathbf{141} & 135 \\ 120 & \mathbf{174} & \mathbf{173} & \mathbf{170} & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

Iterasi kedua :

$$f_{n+2} = f_1 \left(\frac{g}{f_1 * PSF} \right) * reflect(PSF) =$$

Langkah iterasi kedua sama saja dengan langkah iterasi pertama hanya saja nilai f_1 -nya diambil dari nilai hasil langkah *iterasi* sebelumnya.

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177 & 169 & 161 & 156 \\ 139 & 148 & 146 & 141 & 135 \\ 120 & 174 & 173 & 170 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

Dari konvolusi diatas maka didapat hasil sebagai berikut :

$$= \begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177,2889 & 170,6087 & 161,8307 & 156 \\ 139 & 158,4644 & 161,9516 & 152,3521 & 135 \\ 120 & 184,7982 & 184,5745 & 181,2488 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177 & 170 & 162 & 156 \\ 139 & 159 & 162 & 153 & 135 \\ 120 & 185 & 185 & 182 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

Langkah selanjutnya adalah membagikan nilai g dengan nilai hasil *output* konvolusi sebelumnya , langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ 139 & 144 & 142 & 135 & 135 \\ 120 & 129 & 131 & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} \\ \hline \begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177 & 170 & 162 & 156 \\ 139 & 159 & 162 & 153 & 135 \\ 120 & 185 & 185 & 182 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

Dari pembagian diatas maka didapat nilai hasil sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Langkah selanjutnya adalah mengkalikan hasil *output* sebelumnya dengan nilai f_1 .

$$= \begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177 & 169 & 161 & 156 \\ 139 & 148 & 146 & 141 & 135 \\ 120 & 174 & 173 & 170 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Dari hasil perkalian diatas maka didapat nilai hasil *output* adalah sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177 & 169 & 161 & 156 \\ 139 & 148 & 146 & 141 & 135 \\ 120 & 174 & 173 & 170 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

Setelah mendapat kan hasil nilai *output*, langkah selanjutnya adalah mengkonvolusikan nilai hasil tersebut dengan nilai dari *reflect(PSF)*, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177 & 169 & 161 & 156 \\ 139 & 148 & 146 & 141 & 135 \\ 120 & 174 & 173 & 170 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

Dari hasil perhitungan konvolusi nilai f_1 dengan nilai pencerminan(PSF), maka didapat hasil nilai *output* f_2 sebagai berikut :

$$= \begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177,2889 & 170,6087 & 161,8307 & 156 \\ 139 & 158,4644 & 161,9516 & 152,3521 & 135 \\ 120 & 181,7982 & 190,0527 & 181,2488 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177 & 170 & 162 & 156 \\ 139 & 159 & 162 & 153 & 135 \\ 120 & 182 & 191 & 182 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

$$f_2 = \begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177 & 170 & 162 & 156 \\ 139 & 159 & 162 & 153 & 135 \\ 120 & 182 & 191 & 182 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

Iterasi ketiga :

Langkah iterasi ketiga sama saja seperti langkah *iterasi* pertama dan kedua. Karena, algoritma *Lucy-Richardson* adalah algoritma perulangan. Jadi kita hanya mengulang-ngulang algoritma ini sebanyak yang kita mau. Tapi disini saya hanya akan melakukan tiga kali *iterasi*.

$$f_{n+3} = f_2 \left(\frac{g}{f_2 * PSF} \right) * reflect(PSF) =$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 177 & 170 & 162 & 156 \\ 139 & 159 & 162 & 153 & 135 \\ 120 & 182 & 191 & 182 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

Dari konvolusi diatas maka didapat hasil sebagai berikut :

$$= \begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180,3841 & 175,1442 & 165,1518 & 156 \\ 139 & 164,4851 & 170,7744 & 159,0459 & 135 \\ 120 & 190,7068 & 198,6521 & 187,7256 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 175 & 166 & 156 \\ 139 & 165 & 171 & 160 & 135 \\ 120 & 191 & 199 & 188 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

Langkah selanjutnya adalah membagikan nilai *g* dengan nilai hasil *output* konvolusi sebelumnya , langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 172 & 159 & 156 \\ 139 & 144 & 142 & 135 & 135 \\ 120 & 129 & 131 & 124 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

Dari pembagian diatas maka didapat nilai hasil sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Langkah selanjutnya adalah mengkalikan hasil *output* sebelumnya dengan nilai f_2 .

$$= \begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 175 & 166 & 156 \\ 139 & 165 & 171 & 160 & 135 \\ 120 & 191 & 199 & 188 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Dari hasil perkalian diatas maka didapat nilai hasil *output* adalah sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 175 & 166 & 156 \\ 139 & 165 & 171 & 160 & 135 \\ 120 & 191 & 199 & 188 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

Setelah mendapat kan hasil nilai *output*, langkah selanjutnya adalah mengkonvolusikan nilai hasil tersebut dengan nilai dari *reflect(PSF)*, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 180 & 175 & 166 & 156 \\ 139 & 165 & 171 & 160 & 135 \\ 120 & 191 & 199 & 188 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \\ 0.1118 & 0.1141 & 0.1118 \\ 0.1096 & 0.1118 & 0.1096 \end{bmatrix}$$

Dari hasil perhitungan konvolusi nilai f_2 dengan nilai pencerminan(PSF), maka didapat hasil nilai *output* f_3 sebagai berikut :

$$= \begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 182,9426 & 178,9283 & 167,9362 & 156 \\ 139 & 168,9423 & 177,1193 & 162,7228 & 135 \\ 120 & 194,2853 & 203,6729 & 191,0736 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & 182 & 178 & 168 & 156 \\ 139 & 169 & 178 & 163 & 135 \\ 120 & 195 & 204 & 192 & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 221 & 216 & 199 & 179 & 171 \\ 181 & \mathbf{182} & \mathbf{178} & \mathbf{168} & 156 \\ 139 & \mathbf{169} & \mathbf{178} & \mathbf{163} & 135 \\ 120 & \mathbf{195} & \mathbf{204} & \mathbf{192} & 121 \\ 255 & 255 & 255 & 250 & 242 \end{bmatrix}$$

4. KESIMPULAN

Dari hasil penulisan dan analisa dari bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan, dimana kesimpulan-kesimpulan tersebut kiranya dapat berguna bagi para pembaca Proses perbaikan kualitas citra dapat berjalan dengan baik dalam me-reduksi noise gaussian blur. Metode Lucy-Richardson dapat diterapkan untuk perancangan aplikasi perbaikan kualitas citra. Aplikasi perbaikan kualitas citra telah selesai dirancang dengan menggunakan Mincorosft Visual Basic dengan menggunakan metode Lucy-Richardson.

REFERENCES

- [1] P. Danoedoro, Pengantar Penginderaan Jauh Digital, 1st ed. Yogyakarta: ANDI, 2012.
- [2] W. Sutoyo, T. Mulyanto, Edy, Suhartono, Vincent, Nurhayati, Oky Dwi, Teori Pengolahan Citra, 1st ed. Yogyakarta: ANDI, 2009.
- [3] Anggi Premunendar, R, "Auto Level Color Correction for Underwater Image Matching Optimization", IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, Vol.13, No.1, January 2013.
- [4] R. Munir, "Restorasi citra kabur dengan algoritma," Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf., vol. 2006, no. Snati, 2006.
- [5] G. Saselah, W. Weku, L. Latumakulita, J. Matematika, J. Matematika, and J. Matematika, "Perbaikan Citra Digital dengan Menggunakan Filtering Technique dan Similarity Measurement," pp. 1-9.