

Penerapan Metode Blind Deconvolution dalam Peningkatan Kualitas Citra Termal

Mita Erlida Sipahutar, Sinar Sinurat, Imam Saputra

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Budi Darma, Medan, Indonesia

Email: mita90@gmail.com

Submitted: 14/04/2021; Accepted: 25/09/2021; Published: 29/09/2021

Abstrak—Suhu merupakan suatu besaran yang menunjukkan derajat panas dari suatu benda. Semakin tinggi suhu suatu benda, semakin panas benda tersebut. Citra termal merupakan citra yang dibuat dengan spektrum inframerah termal yang memanfaatkan pancaran suhu suatu benda. Penginderaan pada spektrum ini berdasarkan pada perbedaan suhu objek dan daya pancarnya pada citra yang tercermin dari adanya perbedaan rona atau warnanya. Sensor yang digunakan pada citra termal adalah nonkamera berdasarkan penyiaman (*scanning*). Pada citra termal terdapat masalah yaitu hasil gambar yang kabur/blur sehingga sulit digunakan untuk mendapatkan informasi tentang objek. Citra termal yang terlihat kabur disebabkan oleh bintik-bintik panas atau kenaikan suhu. Citra termal seringkali mengalami masalah karena sejumlah besar kabut difraksi dalam pencitraan termal yang disebabkan oleh indeks bias menurun saat panjang gelombang meningkat. *Blind deconvolution* merupakan sebuah metode yang dapat digunakan untuk merestorasi citra yang mengalami efek *blur* tanpa harus mengetahui nilai *Point Spread Function* (PSF). Proses peningkatan kualitas citra termal dilakukan dengan menggunakan metode *blind deconvolution* yang terdiri dari 3 tahap, yaitu mencari nilai kernel, mencari nilai konvolusi dan estimasi ($MAP_{u,k}$). Metode *blind deconvolution* dapat diterapkan dalam peningkatan kualitas citra termal dengan cara mengurangi efek *blur* yang terdapat pada gambar.

Kata Kunci: Peningkatan; Kualitas; Citra; Termal; Metode Blind Deconvolution

Abstract—Temperature is a quantity that indicates the degree of heat of an object. The higher the temperature of an object, the hotter the object. Thermal imagery is an image created with thermal infrared spectrum that utilizes the temperature of an object. Sensing on this spectrum is based on differences in the temperature of the object and its emission power in the image which is reflected by the difference in hue or color. The sensor used in thermal images is noncamera based on scanning. In thermal imagery, there is a problem, namely blurred / blurred images that make it difficult to obtain information about objects. Blurred thermal images are caused by hot spots or rising temperatures. Thermal images often experience problems due to the large amount of diffraction fog in thermal imaging caused by the refractive index decreases as the wavelength increases. Blind deconvolution is a method that can be used to restore images that experience blur effects without having to know the value of the Point Spread Function (PSF). The process of improving the quality of thermal images is carried out using the blind deconvolution method which consists of 3 stages, namely finding the kernel value, looking for the convolution and estimation values ($MAP_{u,k}$). Blind deconvolution method can be applied in improving the quality of thermal images by reducing the blur effect found in the image.

Keywords: Improvement; Quality; Image; Thermal; Blind Deconvolution Method

1. PENDAHULUAN

Suhu merupakan suatu besaran yang menunjukkan derajat panas dari suatu benda. Semakin tinggi suhu suatu benda, semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat getaran. Makin tinggi energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi suhu benda tersebut.

Citra termal merupakan citra yang dibuat dengan spektrum inframerah termal yang memanfaatkan pancaran suhu suatu benda. Penginderaan pada spektrum ini berdasarkan pada perbedaan suhu objek dan daya pancarnya pada citra yang tercermin dari adanya perbedaan rona atau warnanya. Sensor yang digunakan pada citra termal adalah nonkamera berdasarkan penyiaman (*scanning*). Citra termal mampu menangkap suhu menggunakan gelombang inframerah yang memiliki gelombang rendah maupun gelombang tinggi baik di dalam maupun di luar ruangan, terlepas dari cahaya atau kompleksitas tekstur.

Citra termal sensitif terhadap perubahan cahaya sehingga terdapat masalah pada saat pengambilan informasi dari sebuah objek gambar. Pada citra termal terdapat masalah yaitu hasil gambar yang kabur/blur sehingga sulit digunakan untuk mendapatkan informasi tentang objek. Citra termal yang terlihat kabur disebabkan oleh bintik-bintik panas atau kenaikan suhu. Citra termal seringkali mengalami masalah karena sejumlah besar kabut difraksi dalam pencitraan termal yang disebabkan oleh indeks bias menurun saat panjang gelombang meningkat.

Untuk mengatasi masalah ini, sejumlah metode diusulkan untuk meningkatkan citra termal berkualitas rendah. Pada penelitian sebelumnya, digunakan metode *morphological gradient* dalam meningkatkan ketajaman dari sebuah citra termal [1]. Metode ini memudahkan manusia dalam mendeteksi batas-batas pada citra termal secara jelas. Serta dengan menggunakan metode ini, morfologi dari objek yang diamati terlihat jelas bentuk, gambar, dan batasan-batasan yang terdapat dari objek yang bersangkutan. Sehingga, meminimalisir terjadinya tertukarnya deteksi objek. Adapun penelitian selanjutnya untuk meningkatkan kualitas citra termal menggunakan metode Dekomposisi Mode Empiris Dua Dimensi (BEMD) [2]. Dalam penelitian ini, sistem diagnosis kesalahan



baru untuk mesin berputar menggunakan pencitraan termal. Sistem ini terdiri dari Dekomposisi Mode Empiris Dua Dimensi (BEMD) untuk peningkatan citra, Analisis Diskriminan Umum (GDA) untuk pengurangan fitur, dan Mesin Vektor Relevansi (RVM) untuk klasifikasi kesalahan.

Citra termal yang diambil dari kondisi mesin terlebih dahulu di proses oleh algoritma *Histogram Equalization* (HE) untuk meningkatkan kontras gambar, dan menghilangkan *noise*. Gambar-gambar ini lebih ditingkatkan dengan metode peningkatan berdasarkan kombinasi Dekomposisi Mode Empiris Dua Dimensi (BEMD) dan *Principal Component Analysis* (PCA). Kemudian, ekstraksi fitur *histogram* dan pengurangan fitur Analisis Diskriminan Umum (GDA) masing-masing dilakukan untuk mengekstrak fitur gambar yang di sempurnakan, mengurangi tinggi dimensi dan meningkatkan keterpisahan gugus dari data fitur. Proses klasifikasi menyediakan studi perbandingan *Relevance Vector Machine* (RVM), *Support Vector Machine* (SVM), dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) dalam diagnosis kesalahan. Akibatnya, akurasi klasifikasi dari gambar yang di sempurnakan jauh lebih tinggi daripada gambar aslinya. Metode peningkatan citra termal yang diusulkan sangat membantu dalam meningkatkan kualitas gambar.

Blind deconvolution merupakan sebuah metode yang dapat digunakan untuk merestorasi citra yang mengalami efek *blur* tanpa harus mengetahui nilai *Point Spread Function* (PSF) [3]. Pada penelitian sebelumnya, metode *blind deconvolution* digunakan untuk analisis kinerja metode *Lucy-Richardson* dan *blind deconvolution* [4]. Metode *blind deconvolution* memberikan nilai *Peak to Signal Noise Ratio* (PSNR) yang lebih besar dibandingkan dengan *Lucy-Richardson* yang berarti metode *blind deconvolution* lebih baik dalam merestorasi citra karena semakin besar nilai *Peak to Signal Noise Ratio* (PSNR) semakin baik hasil citra.

Adapun penelitian selanjutnya menggunakan *blind deconvolution* yaitu *blind deconvolution of a noisy degraded image* [5]. Dengan menggabungkan *Low Pass Filter* (LPF) dengan *Asymmetric Multiplicative Iterative Algorithm* (AMIA) dan memperluas ke *blind deconvolution*, algoritma ini mampu menyelesaikan masalah *blind deconvolution* dan penghapusan *noise* secara bersamaan. Eksperimen ini menunjukkan bahwa algoritma *blind deconvolution* memiliki kinerja yang baik pada restorasi citra dengan resolusi yang tinggi. Metode *blind deconvolution* mampu memulihkan gambar yang telah mengalami berbagai degradasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Citra

Citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek [6]. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan.

2.2 Peningkatan Kualitas Citra

Peningkatan kualitas citra adalah suatu proses untuk mengubah sebuah citra menjadi citra baru sesuai dengan kebutuhan melalui berbagai cara [6]. Cara-cara yang bisa dilakukan misalnya dengan fungsi transformasi operasi matematis, pemfilteran, dan lain-lain. Tujuan utama dari peningkatan kualitas citra adalah untuk memproses citra sehingga citra yang dihasilkan lebih baik daripada citra aslinya untuk aplikasi tertentu. Peningkatan kualitas citra dibagi dalam dua kategori, yaitu metode domain spasial (ruang atau waktu) dan metode domain frekuensi. Teknik pemrosesan metode domain spasial adalah berdasarkan manipulasi langsung dari piksel di dalam citra. Sedangkan teknik pemrosesan metode domain frekuensi adalah berdasarkan perubahan transformasi *fourier* pada citra.

2.3 Metode *Blind Deconvolution*

Blind deconvolution merupakan sebuah metode yang dapat digunakan untuk memulihkan gambar yang mengalami efek blur tanpa harus mengetahui nilai *Point Spread Function* (PSF) [3]. Algoritma *blind deconvolution* diterapkan pada gambar yang kabur/*blur* untuk merenovasi gambar asli tanpa memiliki pengetahuan khusus tentang *filter* degradasi. Tujuan algoritma *blind deconvolution* adalah untuk restorasi gambar yang merupakan pemulihan dalam bentuk versi tajam dari gambar yang buram ketika kernel *blur* tidak diketahui. Tugas mendasar *blind deconvolution* adalah untuk memperbaiki gambar *blur/terdegradasi* dengan *Point Spread Function* (PSF) yang secara tepat menggambarkan distorsi.

Blind Deconvolution merupakan metode yang digunakan untuk memulihkan gambar dan kernel degradasi dari konvolusi *noise*. Masalah ini ditemukan di berbagai bidang seperti pencitraan astronomi, pencitraan medis, (audio) pemrosesan sinyal, dan pemrosesan gambar. Citra kabur/*blur* dimodelkan dengan :

$$f = k0 * u0 + n.....(1)$$

Keterangan :

- $k0$: Kernel *blur*.
- $u0$: Citra awal.
- n : *Noise*.
- $k0 * u0$: Konvolusi antara $k0$ dan $u0$.

Setelah diperoleh hasil perkalian proses metode *blind deconvolution*, maka dilakukan estimasi ($MAP_{u,k}$) untuk memaksimalkan kinerja metode *blind deconvolution* dengan rumus ($MAP_{u,k}$) :



$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} p(f|u,k) + p(u) + p(k) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

$p(f|u,k)$: noise yang mempengaruhi citra blur.

$p(u)$: citra awal.

$p(k)$: hasil perkalian pendekatan (MAP_{u,k}).

$$p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) p(x) p(k) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

$p(x)$: hasil perkalian estimasi (MAP_{u,k}).

$p(k)$: fungsi blur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa adalah suatu usaha dalam mengamati secara detail pada suatu hal atau benda dengan cara menguraikan komponen-komponen pembentukannya atau menyusun komponen tersebut untuk dikaji lebih lanjut. Kata analisa atau analisis banyak digunakan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan, baik ilmu bahasa, alam dan ilmu sosial. Masalah yang dianalisa adalah citra termal yang dimana citra tersebut diambil melalui satelit atau pesawat udara kemudian diproses untuk meningkatkan kualitas citra. Proses awal peningkatan kualitas citra termal dengan metode *blind deconvolution* adalah melakukan penyeleksian citra termal yang diambil dari satelit atau pesawat udara, setelah citra termal didapatkan, maka dilakukan *cropping* untuk mendapatkan gambar yang kurang baik, setelah dilakukan *cropping* maka gambar disimpan dengan format JPEG/jpg. Setelah hasil penyeleksian citra termal didapatkan proses selanjutnya adalah membaca resolusi citra masukan yang berupa JPEG/jpg objek yang berguna untuk mengetahui ukuran atau resolusi citra tersebut.

3.1 Penerapan Metode Blind Deconvolution

Peningkatan kualitas citra termal dapat diperbaiki dengan metode perbaikan citra yaitu *blind deconvolution* dimana hasil perbaikan citra dilakukan pada file objek yang berformat JPEG/jpg. Proses awal perbaikan kualitas citra dengan metode *blind deconvolution* adalah melakukan proses penyeleksian terhadap citra RGB yang dijadikan sebagai sampel. Setelah hasil penyeleksian citra RGB didapat, proses selanjutnya adalah membaca citra masukan yang berupa *grayscale* yang berguna untuk mengetahui ukuran/resolusi citra tersebut. Pada penerapan rumus pembobotan *blind deconvolution* menggunakan rumus *gaussian blur*. *Gaussian blur* merupakan salah satu kernel/mask/filter penghalusan citra. *Gaussian blur* sering dijumpai dalam banyak kasus karena *gaussian blur* merupakan metode yang mudah diimplementasikan untuk melakukan operasi perbaikan citra.

Langkah pertama yang akan dilakukan adalah mencari nilai *gaussian blur* untuk mencari nilai kernel, yaitu :

$$G(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

Dimana (x,y) adalah koordinat gambar, σ adalah nilai standar deviasi distribusi normal yang digunakan, $\pi = 3,14$. Misal nya $\sigma = 2,2$, $e = 2,72$

$$G(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2(3,14)2,2^2}} 2,72 - \frac{1^2+1^2}{2(2,2)^2} = \frac{1}{\sqrt{30,4}} 2,72 - \frac{2}{9,68} = 0,18 (2,72)^{-0,21} = 0,14$$

$$G(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2(3,14)2,2^2}} 2,72 - \frac{0,14^2+0,14^2}{2(2,2)^2} = \frac{1}{\sqrt{30,4}} 2,72 - \frac{0,0392}{9,68} = 0,18 (2,72)^{-0,04} = 0,18$$

$$G(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2(3,14)2,2^2}} 2,72 - \frac{0,18^2+0,18^2}{2(2,2)^2} = \frac{1}{\sqrt{30,4}} 2,72 - \frac{0,0648}{9,68} = 0,18 (2,72)^{-0,006} = 0,178$$

$$G(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2(3,14)2,2^2}} 2,72 - \frac{0,178^2+0,178^2}{2(2,2)^2} = \frac{1}{\sqrt{30,4}} 2,72 - \frac{0,0633}{9,68} = 0,18 (2,72)^{-0,0065} = 0,171$$

$$G(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2(3,14)2,2^2}} 2,72 - \frac{0,171^2+0,171^2}{2(2,2)^2} = \frac{1}{\sqrt{30,4}} 2,72 - \frac{0,0584}{9,68} = 0,18 (2,72)^{-0,0061} = 0,172$$

$$G(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2(3,14)2,2^2}} 2,72 - \frac{0,172^2+0,172^2}{2(2,2)^2} = \frac{1}{\sqrt{30,4}} 2,72 - \frac{0,060}{9,68} = 0,18 (2,72)^{-0,0062} = 0,111$$

$$G(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2(3,14)2,2^2}} 2,72 - \frac{0,111^2+0,111^2}{2(2,2)^2} = \frac{1}{\sqrt{30,4}} 2,72 - \frac{0,0246}{9,68} = 0,18 (2,72)^{-0,002} = 0,121$$

$$G(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2(3,14)2,2^2}} 2,72 - \frac{0,121^2+0,121^2}{2(2,2)^2} = \frac{1}{\sqrt{30,4}} 2,72 - \frac{0,0292}{9,68} = 0,18 (2,72)^{-0,003} = 0,181$$

$$G(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2(3,14)2,2^2}} 2,72 - \frac{0,181^2+0,181^2}{2(2,2)^2} = \frac{1}{\sqrt{30,4}} 2,72 - \frac{0,0655}{9,68} = 0,18 (2,72)^{-0,007} = 0,167$$

Perhitungan dilakukan pada setiap elemen matriks, sehingga di dapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Kernel Konvolusi

0,14	0,171	0,121
0,18	0,172	0,181
0,178	0,111	0,167

Langkah 2 menghitung konvolusi. Secara sederhana konvolusi didefinisikan sebagai perhitungan kernel yang digeser sepanjang baris dan kolom dalam citra sehingga diperoleh nilai baru pada citra keluaran.



Berikut operasi konvolusi citra dengan kernel dapat dilustrasikan sebagai berikut :

81	108	111	124	121
92	93	108	131	89
77	88	93	65	84
80	69	80	81	75
69	87	88	109	82

0,14	0,171	0,121
0,18	0,172	0,181
0,178	0,111	0,167

1. Tempatkan kernel pada sudut kiri atas, kemudian hitung nilai piksel pada posisi (0,0) dari kernel.

81	108	111	124	121
92	93	108	131	89
77	88	93	65	84
80	69	80	81	75
69	87	88	109	82

	134			

Hasil konvolusi, didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$(0,14 \times 81) + (0,171 \times 108) + (0,121 \times 111) + (0,18 \times 92) + (0,172 \times 93) + (0,181 \times 108) + (0,178 \times 77) + (0,111 \times 88) + (0,167 \times 93) = 11,34 + 18,468 + 13,431 + 16,56 + 15,996 + 19,548 + 13,706 + 9,768 + 15,531 = 134$$

2. Tempatkan kernel pada sudut kiri atas, kemudian hitung nilai piksel pada posisi (0,0) dari kernel.

81	108	111	124	121
92	93	108	131	89
77	88	93	65	84
80	69	80	81	75
69	87	88	109	82

	134	144		

Hasil konvolusi, didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$(0,14 \times 108) + (0,171 \times 111) + (0,121 \times 124) + (0,18 \times 93) + (0,172 \times 108) + (0,181 \times 131) + (0,178 \times 88) + (0,111 \times 93) + (0,167 \times 65) = 15,12 + 18,981 + 15,004 + 16,74 + 18,576 + 23,711 + 15,664 + 10,323 + 10,855 = 144$$

3. Tempatkan kernel pada sudut kiri atas, kemudian hitung nilai piksel pada posisi (0,0) dari kernel.

81	108	111	124	121
92	93	108	131	89
77	88	93	65	84
80	69	80	81	75
69	87	88	109	82

	134	144	147	

Hasil konvolusi, didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$(0,14 \times 111) + (0,171 \times 124) + (0,121 \times 121) + (0,18 \times 108) + (0,172 \times 131) + (0,181 \times 89) + (0,178 \times 93) + (0,111 \times 65) + (0,167 \times 84) = 15,54 + 21,204 + 14,641 + 19,44 + 22,532 + 16,109 + 16,554 + 7,215 + 14,028 = 147$$

4. Tempatkan kernel pada sudut kiri atas, kemudian hitung nilai piksel pada posisi (0,0) dari kernel

81	108	111	124	121
92	93	108	131	89
77	88	93	65	84
80	69	80	81	75
69	87	88	109	82

	134	144	147	
	122			

Hasil konvolusi, didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$(0,14 \times 92) + (0,171 \times 93) + (0,121 \times 108) + (0,18 \times 77) + (0,172 \times 88) + (0,181 \times 93) + (0,178 \times 80) + (0,111 \times 69) + (0,167 \times 80) = 12,88 + 15,903 + 13,068 + 13,86 + 15,136 + 16,833 + 14,24 + 7,659 + 13,36 = 122$$

5. Tempatkan kernel pada sudut kiri atas, kemudian hitung nilai piksel pada posisi (0,0) dari kernel.

81	108	111	124	121
92	93	108	131	89
77	88	93	65	84
80	69	80	81	75
69	87	88	109	82

	134	144	147	
	122	125		



Hasil konvolusi, didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$(0,14 \times 93) + (0,171 \times 108) + (0,121 \times 131) + (0,18 \times 88) + (0,172 \times 93) + (0,181 \times 65) + (0,178 \times 69) + (0,111 \times 80) + (0,167 \times 81) = 13,02 + 18,468 + 15,851 + 15,84 + 15,996 + 11,765 + 12,282 + 8,88 + 13,527 = 125$$

6. Tempatkan kernel pada sudut kiri atas, kemudian hitung nilai piksel pada posisi (0,0) dari kernel.

81	108	111	124	121
92	93	108	131	89
77	88	93	65	84
80	69	80	81	75
69	87	88	109	82

	134	144	147	
	122	125	127	

Hasil konvolusi, didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$(0,14 \times 108) + (0,171 \times 131) + (0,121 \times 89) + (0,18 \times 93) + (0,172 \times 65) + (0,181 \times 84) + (0,178 \times 80) + (0,111 \times 81) + (0,167 \times 75) = 15,12 + 22,401 + 10,769 + 16,74 + 11,18 + 15,204 + 14,24 + 8,991 + 12,525 = 127$$

7. Tempatkan kernel pada sudut kiri atas, kemudian hitung nilai piksel pada posisi (0,0) dari kernel.

81	108	111	124	121
92	93	108	131	89
77	88	93	65	84
80	69	80	81	75
69	87	88	109	82

	134	144	147	
	122	125	127	
	114			

Hasil konvolusi, didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$(0,14 \times 77) + (0,171 \times 88) + (0,121 \times 93) + (0,18 \times 80) + (0,172 \times 69) + (0,181 \times 80) + (0,178 \times 69) + (0,111 \times 87) + (0,167 \times 88) = 10,78 + 15,048 + 11,253 + 14,4 + 11,868 + 14,48 + 12,282 + 9,657 + 14,696 = 114$$

8. Tempatkan kernel pada sudut kiri atas, kemudian hitung nilai piksel pada posisi (0,0) dari kernel.

81	108	111	124	121
92	93	108	131	89
77	88	93	65	84
80	69	80	81	75
69	87	88	109	82

	134	144	147	
	122	125	127	
	114	120		

Hasil konvolusi, didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$(0,14 \times 88) + (0,171 \times 93) + (0,121 \times 65) + (0,18 \times 69) + (0,172 \times 80) + (0,181 \times 81) + (0,178 \times 87) + (0,111 \times 88) + (0,167 \times 109) = 12,32 + 15,903 + 7,865 + 12,42 + 13,76 + 14,661 + 15,486 + 9,768 + 18,203 = 120$$

9. Tempatkan kernel pada sudut kiri atas, kemudian hitung nilai piksel pada posisi (0,0) dari kernel.

81	108	111	124	121
92	93	108	131	89
77	88	93	65	84
80	69	80	81	75
69	87	88	109	82

	134	144	147	
	122	125	127	
	114	120	117	

Hasil konvolusi, didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$(0,14 \times 93) + (0,171 \times 65) + (0,121 \times 84) + (0,18 \times 80) + (0,172 \times 81) + (0,181 \times 75) + (0,178 \times 88) + (0,111 \times 109) + (0,167 \times 82) = 13,02 + 11,115 + 10,164 + 14,4 + 13,932 + 13,575 + 15,664 + 12,099 + 13,694 = 117$$

Tabel 2. Hasil Operasi Konvolusi

81	108	111	124	121
92	134	144	147	89
77	122	125	127	84
80	114	120	117	75
69	87	88	109	82

Langkah 3 perhitungan metode *blind deconvolution*. Setelah hasil perhitungan konvolusi didapatkan langkah selanjutnya adalah perhitungan metode *blind deconvolution* dengan rumus sebagai berikut :

$$f = k0 * u0 + n$$

Keterangan :

$k0$: Kernel *blur*.



$u0$: Citra awal.

n : Noise.

$k0 * u0$: konvolusi antara $k0$ dan $u0$.

Berdasarkan rumus diatas, maka perhitungan menggunakan metode *blind deconvolution* adalah sebagai berikut :

$$f = k0 * u0 + n$$

$$f_{(1)} = 134 + 0,14 = 134,14$$

$$f_{(2)} = 144 + 0,171 = 144,171$$

$$f_{(3)} = 147 + 0,121 = 147,121$$

$$f_{(4)} = 122 + 0,18 = 122,18$$

$$f_{(5)} = 125 + 0,172 = 125,172$$

$$f_{(6)} = 127 + 0,181 = 127,178$$

$$f_{(7)} = 114 + 0,178 = 114,178$$

$$f_{(8)} = 120 + 0,111 = 120,111$$

$$f_{(9)} = 117 + 0,167 = 117,167$$

Tabel 3. Tabel Hasil Perkalian Metode *Blind Deconvolution*

134,14	144,171	147,121
122,18	125,172	127,178
114,178	120,111	117,167

Langkah 4 estimasi ($MAP_{u,k}$). Setelah diperoleh hasil perkalian proses metode *blind deconvolution*, maka dilakukan estimasi ($MAP_{u,k}$) untuk memaksimalkan kinerja metode *blind deconvolution* dengan rumus ($MAP_{u,k}$) :

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} p(f|u,k) + p(u) + p(k)$$

Keterangan :

$p(f|u,k)$: Noise yang mempengaruhi citra blur.

$p(u)$: Citra awal.

$p(k)$: Fungsi blur.

Misal : fungsi blur = 5,8265

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,14 + 81 + 5,8265 = 87$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,171 + 108 + 5,8265 = 114$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,121 + 111 + 5,8265 = 117$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,18 + 92 + 5,8265 = 98$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,172 + 93 + 5,8265 = 99$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,181 + 108 + 5,8265 = 114$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,178 + 77 + 5,8265 = 83$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,111 + 88 + 5,8265 = 94$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,167 + 93 + 5,8265 = 99$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,14 + 108 + 5,8265 = 113$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,171 + 111 + 5,8265 = 116$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,121 + 124 + 5,8265 = 129$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,18 + 93 + 5,8265 = 99$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,172 + 108 + 5,8265 = 113$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,181 + 131 + 5,8265 = 137$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,178 + 88 + 5,8265 = 94$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,111 + 93 + 5,8265 = 98$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,167 + 65 + 5,8265 = 70$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,14 + 111 + 5,8265 = 116$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,171 + 124 + 5,8265 = 129$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,121 + 121 + 5,8265 = 126$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,18 + 108 + 5,8265 = 114$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,172 + 131 + 5,8265 = 136$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,181 + 89 + 5,8265 = 95$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,178 + 93 + 5,8265 = 99$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,111 + 65 + 5,8265 = 70$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,167 + 84 + 5,8265 = 89$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,14 + 92 + 5,8265 = 97$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,171 + 93 + 5,8265 = 98$$

$$\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,121 + 108 + 5,8265 = 113$$



- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,18 + 77 + 5,8265 = 83$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,172 + 88 + 5,8265 = 93$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,181 + 93 + 5,8265 = 99$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,167 + 84 + 5,8265 = 89$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,178 + 80 + 5,8265 = 86$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,111 + 69 + 5,8265 = 74$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,167 + 80 + 5,8265 = 85$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,14 + 93 + 5,8265 = 98$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,171 + 108 + 5,8265 = 113$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,121 + 131 + 5,8265 = 136$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,18 + 88 + 5,8265 = 94$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,172 + 93 + 5,8265 = 98$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,178 + 69 + 5,8265 = 75$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,111 + 80 + 5,8265 = 85$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,167 + 81 + 5,8265 = 86$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,14 + 108 + 5,8265 = 113$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,171 + 131 + 5,8265 = 136$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,121 + 89 + 5,8265 = 94$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,18 + 93 + 5,8265 = 99$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,172 + 65 + 5,8265 = 71$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,181 + 84 + 5,8265 = 90$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,178 + 80 + 5,8265 = 86$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,111 + 81 + 5,8265 = 87$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,167 + 75 + 5,8265 = 81$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,14 + 77 + 5,8265 = 83$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,171 + 88 + 5,8265 = 94$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,121 + 93 + 5,8265 = 99$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,18 + 80 + 5,8265 = 86$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,172 + 69 + 5,8265 = 74$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,181 + 80 + 5,8265 = 86$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,178 + 69 + 5,8265 = 75$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,111 + 87 + 5,8265 = 93$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,167 + 88 + 5,8265 = 94$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,14 + 88 + 5,8265 = 93$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,171 + 93 + 5,8265 = 98$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,121 + 65 + 5,8265 = 71$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,18 + 69 + 5,8265 = 75$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,172 + 80 + 5,8265 = 86$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,181 + 81 + 5,8265 = 87$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,178 + 87 + 5,8265 = 93$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,111 + 88 + 5,8265 = 94$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,167 + 109 + 5,8265 = 115$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,14 + 93 + 5,8265 = 99$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,171 + 65 + 5,8265 = 71$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,121 + 84 + 5,8265 = 90$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,18 + 80 + 5,8265 = 86$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,172 + 81 + 5,8265 = 87$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,181 + 75 + 5,8265 = 81$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,178 + 88 + 5,8265 = 94$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,111 + 109 + 5,8265 = 115$
- $\arg \max_{u,k} p(u,k|f) = \arg \max_{u,k} 0,167 + 82 + 5,8265 = 88$

Tabel 4. Nilai Output Sementara

87	114	117	98	99	114	83	94	99	113
116	129	99	113	137	94	98	70	116	129
126	114	136	95	99	70	89	97	98	113
83	93	99	89	86	74	85	98	113	136

94	98	75	85	86	113	136	94	99	71
90	86	87	81	83	94	99	86	74	86
75	93	94	93	98	71	75	86	87	93
94	115	99	71	90	86	87	81	94	115
88	93	94	115	99	71	90	86	87	81
115	99	71	90	86	87	81	94	115	88

$$p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) p(x) p(k)$$

Keterangan :

$p(x)$: hasil perkalian pendekatan (MAP_{u,k}).

$p(k)$: fungsi blur

- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (87) (0,14) = 12$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (114) (0,171) = 20$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (117) (0,121) = 14$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (98) (0,18) = 18$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (99) (0,172) = 17$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (114) (0,181) = 21$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (83) (0,178) = 12$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (94) (0,111) = 11$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (99) (0,167) = 16$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (113) (0,14) = 15$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (116) (0,171) = 19$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (129) (0,121) = 16$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (99) (0,18) = 18$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (113) (0,172) = 19$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (137) (0,181) = 24$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (94) (0,178) = 17$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (98) (0,111) = 11$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (70) (0,167) = 13$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (116) (0,14) = 16$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (129) (0,171) = 22$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (126) (0,121) = 15$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (114) (0,18) = 20$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (136) (0,172) = 23$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (95) (0,181) = 17$
- $p(y,x,k) = p(y,x/k)p(k) = p(y/x,k) (99) (0,178) = 18$

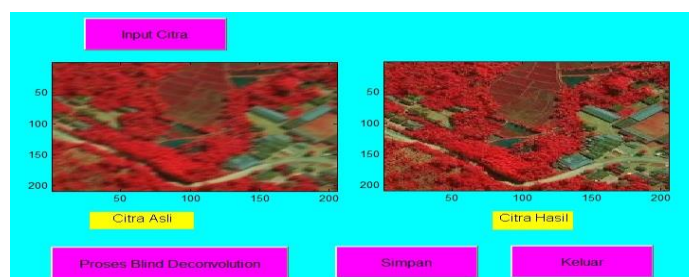
Tabel 5. Nilai Output

12	19	14	18	17
21	12	11	16	15
19	16	18	19	24
17	11	13	16	22
15	20	23	17	18

Setelah dilakukan proses metode *blind deconvolution* dengan menggunakan kernel 3x3 akan menjadi hasil citra yang baru. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, metode *blind deconvolution* dapat memperbaiki kualitas citra dengan memberikan filter kepada komponen citra tersebut.

3.2 Tampilan Pengujian

Hasil analisa metode *blind deconvolution* merupakan citra hasil yang telah diproses pada perbaikan citra menggunakan metode *blind deconvolution* sehingga menghasilkan seperti pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tampilan Hasil Metode *Blind Deconvolution*



4. KESIMPULAN

Dari hasil penulisan dapat disimpulkan proses peningkatan kualitas citra termal dilakukan dengan menggunakan metode *blind deconvolution* yang terdiri dari 3 tahap, yaitu mencari nilai kernel, mencari nilai konvolusi dan estimasi ($MAP_{u,k}$). Metode *blind deconvolution* dapat diterapkan dalam peningkatan kualitas citra termal dengan cara mengurangi efek *blur* yang terdapat pada gambar. Aplikasi peningkatan kualitas citra termal telah selesai dirancang dengan menggunakan *matlab R2010a* dan dapat dijalankan pada sistem operasi *windows*.

REFERENCES

- [1] Abdul Kadir. 2014. Dasar Pengolahan Citra dengan DELPHI. Yogyakarta: Andi Publisher.
- [2] Al-Ameen, Zohair. 2012. "A Comprehensive Study on Fast Image Deblurring Techniques". International Journal of Advanced Science and Technology. Vol. 44. No 1. Hal 1-10.
- [3] Al-Amri, Salem Saleh. 2010. "Deblurred Gaussian Blurred Images". Journal of Computing. Vol. 2. No 4. Hal 33-35.
- [4] Feriza A Irawan. 2012. Buku Pintar Pemrograman MATLAB. Yogyakarta: MediaKom.
- [5] Ramadevi, Y, et al. 2010. "Segmentation and Object Recognition Using Edge Detection Techniques". International Journal of Computer Science and Information Technology. Vol. 2. No 6. Hal 153-161.
- [6] Rinaldi Munir. 2004. Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik. Bandung: Penerbit Informatika.
- [7] Sharma, Pratibha. 2014. "Blind Deconvolution Deblurring Technique In Image Processing". International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. Vol. 2. No 9. Hal 355-359.
- [8] Thakur, Madri. 2014. "Image Restoration Based On Deconvolution by Richardson Lucy Algorithm". International Journal of Engineering Trends and Technology. Vol. 14. No 4. Hal 161-165.
- [9] T. Sutoyo. et al. 2009. Teori Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [10] The Mathworks, Inc. 2004, "Understanding Deblurring".
- [11] Yeka Hendriyani. 2012. "Restorasi Citra Kabur (Blur) Menggunakan Algoritma Lucy-Richardson". Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan. Vol. 5. No 2. Hal 166-174
- [12]