

**FUSI CITRA BERBASIS TRANSFORMASI WAVELET DISKRIT
MENGUNAKAN PCA (PRINSIP KOMPONEN ANALISIS)**
*Image Fusion Based on Wavelet Discrete Transformation Using PCA (Principle
Component Analysis)*

Muhammad Taufiq Alvian¹, Dr. Rismon H. Sianipar², Muhamad Irwan³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

Email : hamdahurraman@gmail.com¹ abdullahzainuddin@yahoo.com² mariyantosas@unram.ac.id³

ABSTRAK

Penelitian ini merancang aplikasi Fusi Citra Berbasis Wavelet Diskrit Menggunakan PCA (prinsip komponent analisis) untuk memperbaiki citra yang rusak . Aplikasi ini diharapkan dapat memperbaiki dua buah citra yang sama dengan kerusakan yang berbeda. Aplikasi ini didesain menggunakan *GUI matlab*.

Fusi Citra Berbasis Wavelet Diskrit Menggunakan PCA merupakan proses penekana derau pada citra yang rusak untuk menghasilkan citra yang lebih bagus .Teknik Mengekstraksi dua citra uji dengan membaca nilai intensitas pada tiap piksel.Menerapkan transformasi wavelet diskret 2D multi-level, dengan mendekomposisi citra digital menggunakan sejumlah fungsi wavelet seperti wavelet Daubechies, Coiflet, Symlet, dan lainnya. Menerapkan aturan Fusi terhadap bidang-bidang koefisien tertransformasi wavelet. Menerapkan metode PCA. max, min mean ,UD,DU,LR,RL pada koefisien pada bidang tertransformasi wavelet. Melakukan transformasi IDWT untuk melihat hasil fusi citra, Menerapkan aturan Fusi terhadap bidang-bidang koefisien transformasi wavelet. Menguji dan menabulasikan hasil yang diperoleh dengan melakukan pengukuran parameter PSNR dan MSE.

Kata Kunci : Fusi Citra, Wavelet, PCA, GUI Matlab

ABSTRACT

This research has designed application of Discrete Wavelet Based Image Fusion Using PCA (component analysis principle) to repair damaged image. This application is expected to fix two identical images with different damage. This application is designed using GUI matlab.

Discrete Wavelet Based Image Fusion Using PCA is the process of impairing noise on damaged images to produce better images. Technique Extracting two test images by reading intensity values for each pixel. Implementing a multi-level 2D discrete wavelet transformation, by decomposing digital images using a number Wavelet functions such as wavelet Daubechies, Coiflet, Symlet, and others. Apply the Fusion rule to the fields of the wavelet -formed coefficients. Apply the PCA method. Max, min mean, UD, DU, LR, RL on coefficients in the wavelet field. Performs transformation the IDWT transformation to see the fusion image, Apply the Fusion rule to the fields of the wavelet transformed coefficients. Test and tabulate the results obtained by measuring PSNR and MSE parameters.

Keywords: *image fusion, Wavelet, PCA, GUI Matlab*

PENDAHULUAN

Kualitas citra terdegradasi oleh sejumlah derau pada saat akuisisi dan transmisi. Adakalanya derau pada citra didapati pada luasan-luasan unik yang tidak saling tumpang-tindih pada citra. Penekanan derau (*image denoising*) semacam ini merupakan permasalahan yang tetap melekat pada pemrosesan citra digital. Ada sejumlah teknik reduksi derau yang dipakai untuk menekan derau. Hampir semua algoritma standar untuk menekan citra berderau menggunakan proses penapisan, yang mengakibatkan citra menjadi lebih kabur dan tepi-tepi objek pada citra menjadi lebih landai.

Ide pada penelitian ini adalah untuk mentransformasi citra digital menggunakan wavelet 2D, yang diikuti dengan penerapan algoritma PCA (*Principal Component Analysis*). Kedua tahap ini secara menyeluruh dikatakan sebagai fusi citra, yang hasilnya akan diuji secara kuantitatif, yaitu MSE (*mean squared error*), PSNR (peak signal to noise ration), Derau yang mengkorupsi citra digital akan dibangkitkan menggunakan derau Gaussian, derau salt and pepper, dan derau speckle.

Fusi citra (*image fusion*) di definisikan sebagai proses penggabungan beberapa citra masukan menjadi citra komposit tunggal. Tujuannya adalah untuk membuat dari kumpulan citra masukan ke citra keluaran tunggal yang berisi deskripsi tempat yang lebih baik daripada yang disediakan oleh citra masukan individu. Citra keluaran karenanya harus lebih berguna bagi persepsi visual manusia atau persepsi mesin. (Diyah Priyawati, 2011).

Kompresi citra menjadi salah satu alternatif yang dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah diatas. Ada banyak metode yang dapat digunakan dalam mengkompresi citra seperti Huffman Coding, LZW coding, Run Length Coding, dan sebagainya. Salah satu metoda domain transform adalah metode Haar Wavelet Transform dan Embedded Zerotree Wavelet (EZW). Haar Wavelet merupakan metode yang lebih baik digunakan untuk merepresentasikan ciri tekstur dan bentuk (Arora, 2014).

Embedded Zerotree Wavelet (EZW) mampu menyusun bit-bit menurut tingkat prioritas, hasilnya adalah sebuah kodepenempelan penuh (fully embedded), sehingga mampu mencapai kompresi yang maksimal (Shapiro, 1993)

Sianipar, dan Muliani (2003). judul penelitian ini adalah kompresi citra digital berbasis wavelet tinjauan psnr dan laju bit dalam penelitian ini di ambil kesimpulan Implementasi kompresi citra digital menggunakan wavelet Daubechies db2, db3 dan db4 telah dilakukan. Hasil empirik yang diperoleh menunjukkan bahwa wavelet mampu mengkompresi citra digital menjadi paling sedikit 2/5 kali kapasitas semula. Wavelet db4 yang memiliki tingkat kehalusan paling tinggi terbukti mampumemiliki laju bit yang paling rendah untuk semua citra uji. Laju bit semakin rendah dikaitkan dengan tingkat kompresi yang semakin tinggi.

Sutanto (2010). Judul penelitian ini adalah Analisis Perbandingan Transformasi Wavelet pada Pengenalan Citra Wajah dalam penelitian ini di ambil kesimpulan Transformasi pada citra dengan wavelet daubechies orde-2 (db2) sebesar 79,17% sebandingkan dengan dekomposisi wavelet haar juga sebesar 79,17%, sedangkan dekomposisi dengan wavelet coiflet orde-1 (coif1) unjuk kerja sistem menurun 9% atau 70,00%.

Citra merupakan istilah lain untuk gambar sebagai salah satu komponen multimedia memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi. Secara umum citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari objek. Citra sebagai keluaran suatu system perekaman data dapat bersifat optic berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisive atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan.

Pengolahan citra atau Image Processing adalah suatu system dimana proses dilakukan dengan masukan (*input*) berupa citra (*image*) dan hasilnya (*output*) juga berupa citra (*image*). Pada awalnya pengolahan citra ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra, namun dengan berkembangnya kapasitas dan kecepatan proses komputer, serta munculnya

ilmu-ilmu komputer yang memungkinkan manusia dapat mengambil informasi dari suatu citra maka image processing tidak dapat dilepaskan dengan bidang *computer vision*.

Format file citra Hampir semua format file citra yang dipakai untuk merepresentasikan citra-citra bitmap memuat sebuah *file header* yang diikuti dengan data piksel (seringkali terkompresi). *File header* dari citra menyimpan informasi seputar citra tersebut, seperti tinggi dan lebar citra, banyak pita, banyak bit per piksel, dan sejumlah byte sidik-digital yang mengindikasikan tipe file.

MSE (Mean Square Error) adalah salah satu teknik yang digunakan untuk mengukur kuantitas perbedaan antara perkiraan dan nilai kebenaran kuantitas yang diperkirakan,

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

bandingan antara harga maksimum warna pada citra hasil *filtering* dengan kuantitas gangguan desibel (dB), *noise* yang dimaksud adalah akar rata-rata kuadrat nilai kesalahan (\sqrt{MSE}). Secara matematis, nilai PSNR dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right) \quad \dots\dots\dots (2)$$

METODE PENELITIAN

Gambaran umum Perangkat lunak yang digunakan dalam mengerjakan tugas akhir ini menggunakan software aplikasi GUI MATLAB untuk merancang, desain, serta pengujian dari sistem yang dirancang. Untuk menjalankan perangkat lunak tersebut, menggunakan sebuah computer (laptop) dengan spesifikasi sebagai berikut.

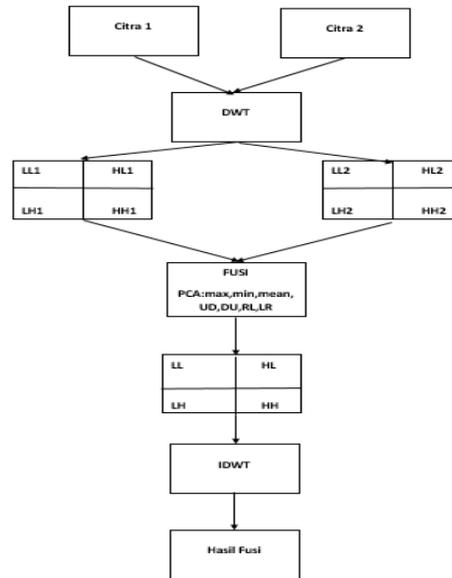
- ASUS dengan model X44H
- Processor Intel core i3
- Instal memory (RAM) 2 GB
- System type 32-bit Operating System
- Sistem Operasi Windows 7

Alat dan Bahan

- a. Perangkat keras (Hardware)
 - Laptop
- b. Perangkat lunak (Software)

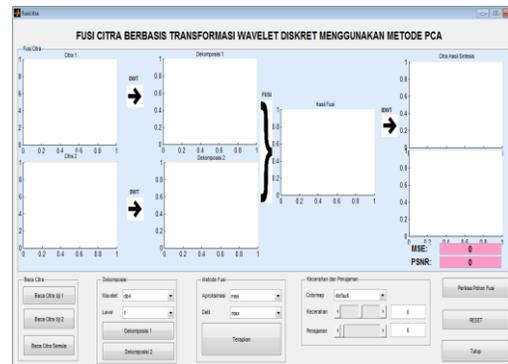
- GUI MATLAB

Skema Penelitian



Gambar 1 Skema Penelitian penelitian

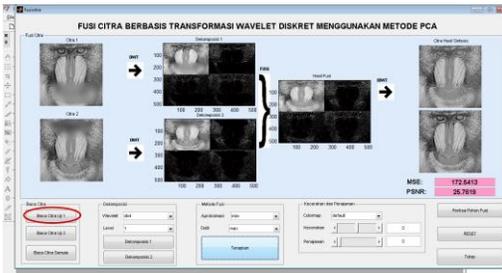
Perancangan Gui Matlab



Gambar 2 Perancangan GUI MATLAB untuk penelitian

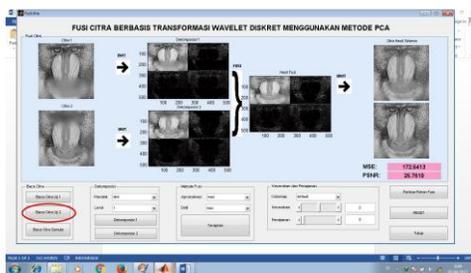
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kontrol Tombol Baca citra 1 kontrol Buka Citra 1 ini membaca nama file dan path dari citra yang akan dijadikan citra uji, yang dilakukan menggunakan fungsi **uigetfile**. Jika citra yang dibaca adalah citra RGB, maka citra tersebut akan dikonversi menjadi citra keabuan menggunakan fungsi **rgb2gray**.



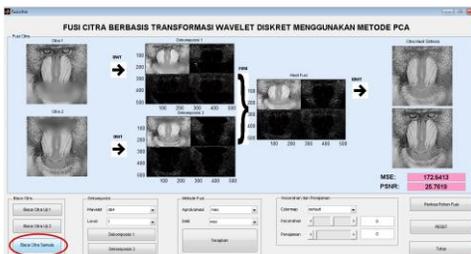
Gambar 3 Control tombol Baca Citra 1

Kontrol Tombol Baca Citra 2



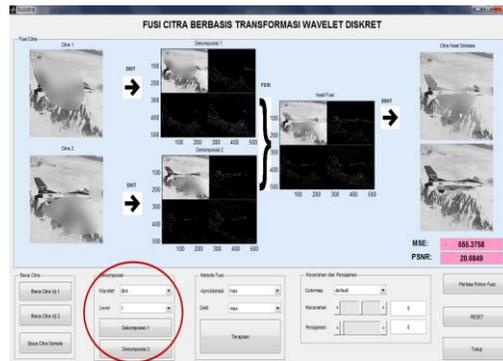
Gambar 4 Control Tombol Baca Citra 2

Baca Citra Semula Isi fungsi callback ini sama dengan fungsi callback dari kontrol Buka Citra 1 atau fungsi callback dari kontrol Buka Citra 2.



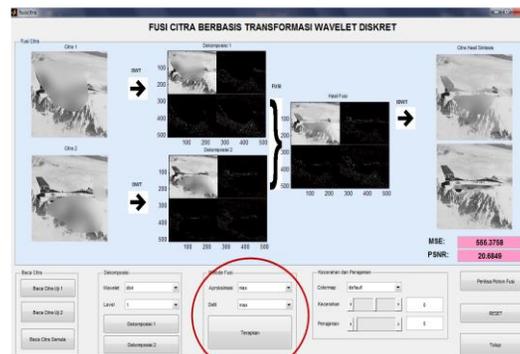
Gambar 5 Control Baca Citra Semula

Panel Dekomposisi Pada panel dekomposisi, diberikan dua kontrol popup menu, satu untuk penentuan jenis wavelet dan satu lagi untuk penentuan level dekomposisi. Pada panel ini juga disediakan dua kontrol tombol untuk dekomposisi atas citra 1 dan citra 2. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 6.

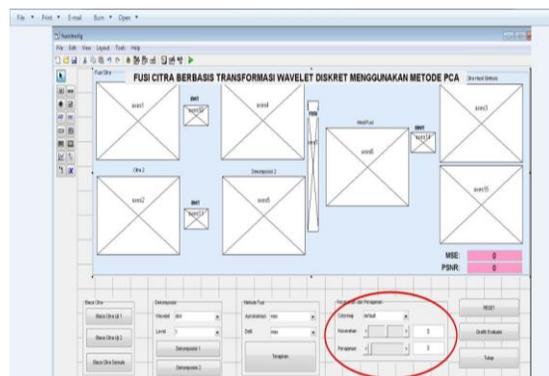


Gambar 6 Panel Dekomposisi

Panel Metode Fusi Pada panel ini, diberikan dua kontrol popmenu untuk menentukan metode fungsi yang diterapkan pada bidang aproksimasi dan pada bidang detil. Pada panel yang sama juga diberikan sebuah kontrol tombol Terapkan untuk menerapkan metode-metode fusi yang dipilih oleh pengguna.



Gambar 7 Panel Metode Fusi

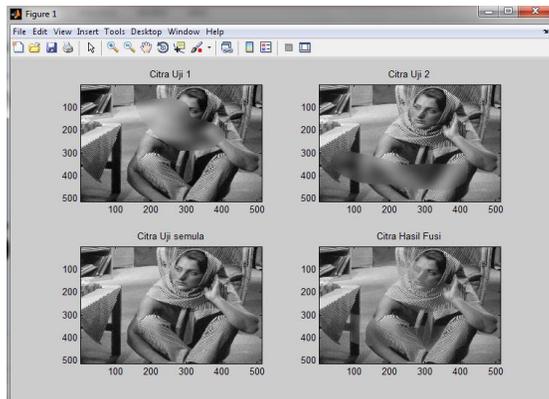


Gambar 8 Panel Kecerahan dan Penajaman

Panel Kecerahan dan Penajaman Panel ini diperuntukkan untuk mencerahkan dan menajamkan hasil dari fusi citra yang telah dilakukan. Dua kontrol slidebar diberikan untuk mengendalikan kecerahan dan penajaman

Pengujian Visual Fusi Citra

Kasus 1: Metode max Dan Level Dekomposisi 1 Berikut adalah hasil fusi citra terhadap citra uji Barbara.bmp, dengan metode max diterapkan pada bidang aproksimasi maupun pada bidang detil. Citra uji 1 memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut, dan citra uji 2 juga memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut. Dari hasil fusi citra, dua kerusakan tersebut dapat diperbaiki secara signifikan, terlihat dari citra hasil fusi pada Gambar 9 sebelah kanan bawah



Gambar 9 Hasil fusi citra dengan metode max terhadap citra Barbara.bmp

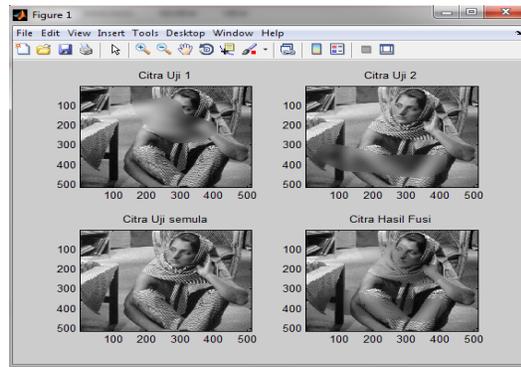
Berdasarkan tabel 1 di atas dapat dilihat hasil evaluasi nilai MSE terhadap pengujian fusi citra menggunakan metode max pada tiap jenis wavelet dan level dekomposisi yang berbeda. Pada pengujian dengan level dekomposisi 1 diperoleh hasil fusi terbaik menggunakan wavelet Coif 4 dengan nilai MSE 99.5267 Begitu juga pada pengujian dengan level dekomposisi 2 dan 3 diperoleh hasil terbaik dengan menggunakan wavelet Bior 4.4 dengan nilai MSE 84.3715 dan 72.3707.

Kasus 2: Metode min Dan Level Dekomposisi 1 Berikut adalah hasil fusi citra terhadap citra uji Barbara.bmp, dengan metode min diterapkan pada bidang aproksimasi maupun pada bidang detil. Citra uji 1 memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada

Tabel 1.pengujian fusi citra metode max

Metode MSE Max			
Wavelet	Level 1	Level 2	Level 3
Db4	100.6330	86.8891	77.3300
Sym4	100.5267	87.2180	75.1796
Coif 4	99.5269	87.4967	77.8946
Bior 4.4	101.7627	84.3715	72.3707

citra tersebut, dan citra uji 2 juga memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut. Dari hasil fusi citra, dua kerusakan tersebut dapat diperbaiki namun masih terlihat bayangan kerusakan seperti terlihat dari citra hasil fusi min pada Gambar 10 sebelah kanan atas



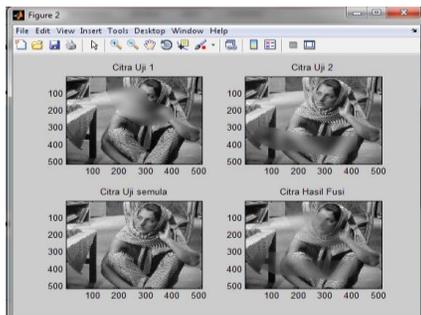
Gambar 10 Hasil fusi citra dengan metode min terhadap citra Barbara.bmp

Berdasarkan tabel 2 di atas dapat dilihat hasil evaluasi nilai MSE terhadap pengujian fusi citra menggunakan metode min pada tiap jenis wavelet dan level dekomposisi yang berbeda. Pada pengujian dengan level dekomposisi 1 diperoleh hasil fusi terbaik menggunakan wavelet Db4 dengan nilai MSE 216.8252. Begitu juga pada pengujian dengan level dekomposisi 2 dan 3 diperoleh hasil terbaik dengan menggunakan wavelet Bior 4.4 dengan nilai MSE 319.4191 dan 238.0428.

Tabel 2 Hasil pengujian fusi citra menggunakan metode min

Nilai MSE Min			
Wavelet	Level 1	Level 2	Level 3
Db4	216.8252	230.5142	240.1123
Sym4	216.9333	230.1814	242.2477
Coif 4	217.9480	229.9413	239.5587
Bior 4.4	218.3593	228.3262	238.0428

Kasus 3: Metode Mean Dan Level Dekomposisi 1 Berikut adalah hasil fusi citra terhadap citra uji Barbara.bmp, dengan metode mean diterapkan pada bidang aproksimasi maupun pada bidang detil. Citra uji 1 memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut, dan citra uji 2 juga memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut. Dari hasil fusi citra, dua kerusakan tersebut dapat diperbaiki namun masih terlihat bayangan kerusakan seperti pada kasus metode fusi mean. Hal ini terlihat dari citra hasil fusi pada Gambar 11 sebelah kiri bawa



Gambar 11. Hasil fusi citra dengan metode mean terhadap citra Barbara.bmp

Berdasarkan tabel 3 di atas dapat dilihat hasil evaluasi nilai MSE terhadap pengujian fusi citra menggunakan metode mean pada tiap jenis wavelet dan level dekomposisi yang berbeda. Pada pengujian dengan level dekomposisi 1 diperoleh hasil fusi terbaik menggunakan wavelet Sym4 dengan nilai MSE 78.4387. Begitu juga pada pengujian dengan level dekomposisi 2 dan 3 diperoleh hasil terbaik

dengan menggunakan wavelet Sym4 dengan nilai MSE 78.4387 dan 78.1221.

Tabel 3 Hasil pengujian fusi citra menggunakan metode mean

Metode MSE Mean			
Wavelet	Level 1	Level 2	Level 3
Db4	80.8955	81.1229	81.2679
Sym 4	78.4387	78.4387	78.1221
Coif 4	79.5607	79.6351	79.6824
Bior 4.4	80.8061	81.0584	81.2617

Kasus 4: Metode UD Dan Level Dekomposisi 1 Berikut adalah hasil fusi citra terhadap citra uji Barbara.bmp, dengan metode UD (*up-down*) diterapkan pada bidang aproksimasi maupun pada bidang detil. Citra uji 1 memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut, dan citra uji 2 juga memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut. Dari hasil fusi citra, dua kerusakan tersebut dapat diperbaiki namun masih terlihat bayangan kerusakan seperti pada kasus metode fusi UD (*up-down*). Hal ini terlihat dari citra hasil fusi pada Gambar 12 sebelah kanan bawah



Gambar 12 Hasil fusi citra dengan metode UD terhadap citra Barbara.bmp

Berdasarkan tabel 4 di bawah dapat dilihat hasil evaluasi nilai MSE terhadap pengujian fusi citra menggunakan metode UD pada tiap jenis wavelet dan level dekomposisi yang berbeda. Pada pengujian dengan level dekomposisi 1, 2 dan 3 diperoleh hasil fusi terbaik menggunakan wavelet Coif4 dengan nilai MSE 149.6324, 145.3678, dan 140,1449.

Tabel 4 Hasil pengujian fusi citra menggunakan metode UD

Metode MSE UD_Fusion			
Wavelet	Level 1	Level 2	Level 3
Db4	152.1576	150.9380	149.5164
Sym4	152.0323	150.5690	148.0582
Coif 4	149.6324	145.3678	140.1449
Bior 4.4	151.7494	150.1662	147.7328

Tabel 5 Hasil pengujian fusi citra menggunakan metode DU

Metode MSE DU_Fusion			
Wavelet	Level 1	Level 2	Level 3
Db4	38.7278	37.3327	36.0748
Sym4	37.4512	36.8085	36.5522
Coif 4	40.6656	39.4345	38.7960
Bior 4.4	38.6599	37.2270	36.1243

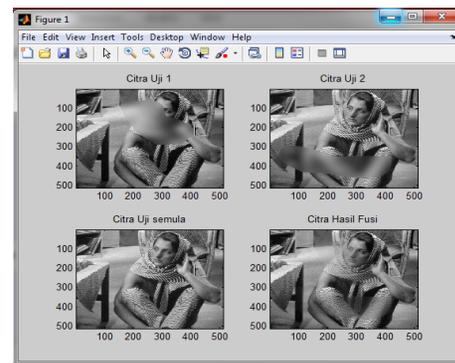
Kasus 5: Metode max Dan Level Dekomposisi 1 Berikut adalah hasil fusi citra terhadap citra uji Barbara.bmp, dengan metode DU (*down-up*) diterapkan pada bidang aproksimasi maupun pada bidang detil. Citra uji 1 memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut, dan citra uji 2 juga memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut. Dari hasil fusi citra, dua kerusakan tersebut dapat diperbaiki namun masih terlihat bayangan kerusakan seperti pada kasus metode fusi DU. Hal ini terlihat dari citra hasil fusi pada Gambar 13 sebelah kanan bawah.



Gambar 13 Hasil fusi citra dengan metode DU terhadap citra Barbara.bmp

Berdasarkan tabel 5 di atas dapat dilihat hasil evaluasi nilai MSE terhadap pengujian fusi citra menggunakan metode DU pada tiap jenis wavelet dan level dekomposisi yang berbeda. Pada pengujian dengan level dekomposisi 1, 2 dan 3 diperoleh hasil fusi terbaik menggunakan wavelet Sym4 dengan nilai MSE 37.4512, 36.8085, dan 36,5522

Kasus 6: Metode LR Dan Level Dekomposisi 1 Berikut adalah hasil fusi citra terhadap citra uji Barbara.bmp, dengan metode LR (*left-right*) diterapkan pada bidang aproksimasi maupun pada bidang detil. Citra uji 1 memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut, dan citra uji 2 juga memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut. Dari hasil fusi citra, dua kerusakan tersebut dapat diperbaiki namun masih terlihat bayangan kerusakan seperti pada kasus metode fusi LR (*left-right*). Hal ini terlihat dari citra hasil fusi pada Gambar 14 sebelah kanan atas.



Gambar 14 Hasil fusi citra dengan metode LR terhadap citra Barbara.bmp

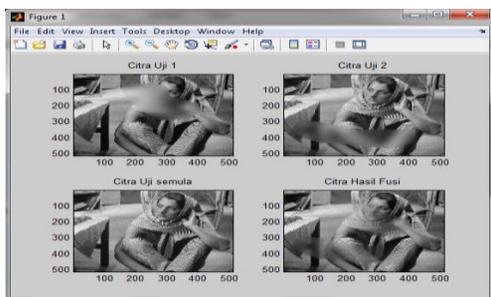
Berdasarkan tabel 6 di atas dapat dilihat hasil evaluasi nilai MSE terhadap pengujian fusi citra menggunakan metode LR pada tiap jenis wavelet dan level dekomposisi yang berbeda. Pada pengujian dengan level dekomposisi 1 diperoleh hasil fusi terbaik menggunakan wavelet Sym 4 dengan nilai MSE 71.7269. Begitu juga pada pengujian dengan level dekomposisi 2 diperoleh hasil terbaik dengan

menggunakan wavelet Bior 4,4 dengan nilai MSE 71.0876 dan level 3 diperoleh hasil terbaik dengan menggunakan wavelet Sym4 dengan nilai 71.9323.

Tabel 6 Hasil pengujian fusi citra menggunakan metode LR

Metode MSE LR_Fusion			
Wavelet	Level 1	Level 2	Level 3
Db4	71.5928	71.8789	72.1383
Sym4	71.7269	71.8327	71.9323
Coif 4	71.4771	72.0876	72.9261
Bior 4.4	71.6639	71.7906	72.0243

Kasus 7: Metode RL Dan Level Dekomposisi 1 Berikut adalah hasil fusi citra terhadap citra uji Barbara.bmp, dengan metode RL (*right-left*) diterapkan pada bidang aproksimasi maupun pada bidang detil. Citra uji 1 memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut, dan citra uji 2 juga memiliki kerusakan pada sebuah region tertentu pada citra tersebut. Dari hasil fusi citra, dua kerusakan tersebut dapat diperbaiki namun masih terlihat bayangan kerusakan seperti pada kasus metode fusi RL(*right-left*). Hal ini terlihat dari citra hasil fusi pada Gambar 4.13 sebelah kanan bawah



Gambar 15 Hasil fusi citra dengan metode RL terhadap citra Barbara.bmp

Berdasarkan tabel 7 di atas dapat dilihat hasil evaluasi nilai MSE terhadap pengujian fusi citra menggunakan metode RL pada tiap jenis wavelet dan level dekomposisi yang berbeda. Pada pengujian dengan level dekomposisi 1,2

dan 3 diperoleh hasil fusi terbaik menggunakan wavelet Coif4 dengan nilai MSE 106.7061, 103.7509 dan 100.1472.

Tabel 7 Hasil pengujian fusi citra menggunakan metode RL

Metode MSE RL_Fusion			
Wavelet	Level 1	Level 2	Level 3
Db4	107.0243	106.6899	105.2347
Sym4	107.8946	107.1354	106.0864
Coif 4	106.6219	103.7509	100.1472
Bior 4.4	107.7061	106.7350	105.1988

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada beberapa citra uji menggunakan metode max, min, mean, DU, UD, LR, RL maka dapat di ambil kesimpulan bahwa.

1. Berdasarkan pengujian yang di lakukan semakin kecil nilai MSE yang di dapatkan maka semakin besar nilai PSNR yang di dihasilkan karna nilai MSE dan PSNR berbanding terbalik.
2. Dari beberapa pengujian yang dilakukan menggunakan metode max, min, mean, DU, UD, LR, RL hasil yang terbaik di dapatkan dengan menggunakan metode DU (*down-up*) karna hasil MSE terkecil, rata –rata MSE nya 37.8212

3. Dari pengujian yang dilakukan semakin kecil nilai MSE yang di dapat maka akan semakin bagus citra yang di hasilkan dan nilai MSE yang terbaik terdapat pada wavelet Db4 level 3 dengan nilai 36.0748

SARAN

1. Melakukan pengujian lebih banyak terhadap citra uji agar mendapatkan hasil yang lebih baik.
2. Melakukan Pengujian Menggunakan citra uji RGB menjadi *grayscale*.

DAFTAR PUSTAKA

Diyah Priyawati 2011. *Kajian Kemampuan Fusi Data Citra Landsat TM dan SPOT Multispektral Untuk Identifikasi Penutup Lahan*, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Y. S. B. a. S. K. Sangeeta Arora. (2014) Haar Wavelet Transform For Solution Of Image Retrieval, International Journal of Advanced Computer and Mathematical Sciences, vol.5, no. 2, pp. 27-31

J. M. Shapiro. (1993). Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients, IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 41, No. 12, pp. 3445– 3462.

Rismon H Sianipar, Sri Muliani WJ 2003. Komperesi citra digital berbasis wavelet tinjauan psnr dan laju bit.

Sutanto, 2010. Analisis Perbandingan Transformasi *Wavelet* pada Pengenalan Citra Wajah, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.