



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - KI141502

FUSI CITRA MULTI-FOKUS MENGGUNAKAN STATIONARY WAVELET TRANSFORM DAN HIMPUNAN FUZZY

GHALY ADITYA
05111440000179

Dosen Pembimbing
Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc.
Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom.

DEPARTEMEN INFORMATIKA
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - KI141502

FUSI CITRA MULTI-FOKUS MENGGUNAKAN STATIONARY WAVELET TRANSFORM DAN HIMPUNAN FUZZY

GHALY ADITYA
0511144000179

Dosen Pembimbing I
Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc.

Dosen Pembimbing II
Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom.

DEPARTEMEN INFORMATIKA
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]



FINAL PROJECT - KI141502

MULTI-FOCUS IMAGE FUSION USING STATIONARY WAVELET TRANSFORM AND FUZZY SETS

GHALY ADITYA
05111440000179

Supervisor I
Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc.

Supervisor II
Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom.

DEPARTMENT OF INFORMATICS
Faculty of Information and Communication Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LEMBAR PENGESAHAN

**FUSI CITRA MULTI-FOKUS MENGGUNAKAN
STATIONARY WAVELET TRANSFORM DAN
HIMPUNAN FUZZY**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Rumpun Mata Kuliah Komputasi Cerdas dan Visi
Program Studi S-1 Departemen Informatika
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

GHALY ADITYA
NRP: 05111440000179

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc
NIP. 198510172015042001



Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom.
NIP. 197104281994122001

SURABAYA
JULI, 2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

FUSI CITRA MULTI-FOKUS MENGGUNAKAN STATIONARY WAVELET TRANSFORM DAN HIMPUNAN FUZZY

Nama Mahasiswa : Ghaly Aditya
NRP : 05111440000179
Jurusan : Informatika, FTIK ITS
Dosen Pembimbing 1 : Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc.
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom.

ABSTRAK

Masalah utama pada fusi citra multi-fokus ialah bagaimana caranya untuk mengekstraksi fitur dari citra sumber dan menggabungkan koefisien tersebut secara akurat sehingga menghasilkan piksel citra yang berkualitas tinggi. Akan tetapi, yang disebut dengan berkualitas tinggi merupakan definisi yang tidak pasti, oleh karena itu teori fuzzy sangat sesuai digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Tugas akhir ini mengusulkan skema fusi citra multi-fokus yang dapat menggabungkan fitur berkualitas tinggi dari dua citra sumber yang berbeda menjadi satu citra gabungan menggunakan integrasi dari Stationary Wavelet Transform dan Himpunan Fuzzy.

Pertama, sumber citra didekomposisi menggunakan Stationary Wavelet Transform (SWT) untuk mendapatkan kumpulan sub-citra dengan fitur rinci yang berbeda. Kedua, Gaussian Membership Function (GMF) dimanfaatkan untuk mendapatkan himpunan fuzzy dari data sub-citra. Ketiga, Local Spatial Frequency (LSF) diaplikasikan untuk mendapatkan fitur lokal sub-citra dari himpunan fuzzy. Akhirnya, aturan fusi dirancang berdasarkan hasil verifikasi konsistensi untuk menggabungkan sub-citra, lalu Inverse Stationary Wavelet

Transform (ISWT) diimplementasikan untuk merekonstruksi citra gabungan.

Uji coba dilakukan pada 20 pasang citra RGB dan 10 pasang citra grayscale. Berdasarkan hasil uji coba, metode ini dapat menghasilkan citra gabungan yang akurat dengan rata-rata Root Mean Square Error (RMSE) dan Mutual Information (MI) pada citra RGB yaitu 0,1091 dan 9,2625 dan pada citra grayscale yaitu 0,0996 dan 8,4949.

Kata kunci: Fusi Citra Multi-Fokus, Stationary Wavelet Transform, Himpunan Fuzzy, Gaussian Membership Function, Local Spatial Frequency, Inverse Stationary Wavelet Transform.

MULTI-FOCUS IMAGE FUSION USING STATIONARY WAVELET TRANSFORM AND FUZZY SETS

Student Name : Ghaly Aditya
Registration Number : 05111440000179
Department : Informatics Engineering, FTIK ITS
First Supervisor : Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc.
Second Supervisor : Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom.

ABSTRACT

The key issue of multi-focus image fusion is how to accurately extract features from source images and fuse those coefficients to create high-quality image. Nevertheless, the so-called high-quality is an uncertain definition, which is very suitable for fuzzy theory to address this problem. This research proposes multi-focus image fusion scheme which can merge the high-quality coefficients of two different source images into a fused image by the integration of Stationary Wavelet Transform (SWT) and Fuzzy Sets.

First, the source images are decomposed by Stationary Wavelet Transform (SWT) to get a set of sub-images with different detailed features. Second, the Gaussian Membership Function (GMF) is utilized to get the fuzzy sets of sub-images data. Third, the Local Spatial Frequency (LSF) is employed to extract the local features of the fuzzy sets. At last, the fusion rule is designed based on consistency verification to fuse the sub-images, and then Inverse Stationary Wavelet Transform (ISWT) is implemented to reconstruct the fused image.

The experimental is done to 20 pairs of RGB image and 10 pairs of grayscale image. Based on the experiments, this method generate an accurate fused image with average of Root Mean Square Error (RMSE) and Mutual Information (MI) for RGB images are 0,1091 and 9,2625 and for grayscale images are 0,0996 and 8,4949.

Keywords: Multi-Focus Image Fusion, Stationary Wavelet Transform, Fuzzy Sets, Gaussian Membership Function, Local Spatial Frequency, Inverse Stationary Wavelet Transform.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Fusi Citra Multi-Fokus Menggunakan Stationary Wavelet Transform dan Himpunan Fuzzy”**.

Buku tugas akhir ini disusun dengan harapan dapat memberikan manfaat untuk membantu meningkatkan hasil kualitas fusi citra multi-fokus sehingga citra dapat menunjukkan skenario lebih akurat dan lebih cocok untuk persepsi visual manusia. Selain itu, penulis berharap dapat memberikan kontribusi positif bagi kampus Informatika ITS.

Dalam perancangan, pengerjaan, dan penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc. dan Ibu Dr. Eng. Nanik Suciati, S.Kom., M.Kom selaku dosen pembimbing penulis yang telah memberi ide, nasihat dan arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan tepat waktu.
2. Orang tua penulis, Bapak Tamsil dan Ibu Yossi Karina yang telah memberikan dukungan moral, spiritual dan material serta senantiasa memberikan doa demi kelancaran dan kemudahan penulis dalam mengerjakan tugas akhir.
3. Seluruh saudara kandung dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan yang besar baik secara langsung maupun secara implisit.
4. Bapak dan Ibu dosen Departemen Informatika ITS yang telah banyak memberikan ilmu dan bimbingan yang tak ternilai harganya bagi penulis.

5. Vinsensia Sipriana Zega yang telah meluangkan waktunya untuk membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir dengan tepat waktu.
6. Teman-teman di Lab IGS dan KCV, yang telah banyak membantu memfasilitasi dalam pengerjaan di IGS dan KCV.
7. Sahabat Penulis : Mila, Rani, Anindita, Nafiar, Rafiar, Alif dan Ayup yang sudah membantu dan memberi hiburan.
8. Teman-teman TC 2014, kakak-kakak TC 2012 & 2013 dan adik-adik TC 2015 & 2016 yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang selalu membantu, menghibur, menjadi tempat bertukar ilmu serta pembelajaran baru dan berjuang bersama-sama penulis.
9. Serta semua pihak yang telah turut membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih ada kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Penulis mohon maaf atas kesalahan, kelalaian maupun kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Kritik dan saran yang membangun dapat disampaikan sebagai bahan perbaikan ke depan.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR KODE SUMBER	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	3
1.6 Metodologi.....	3
1.7 Sistematika Laporan.....	4
BAB II DASAR TEORI	7
2.1 Fusi Citra Multi-Fokus.....	7
2.2 <i>Stationary Wavelet Transform</i>	8
2.3 Himpunan Fuzzy.....	9
2.4 <i>Gaussian Membership Function</i>	10
2.5 <i>Local Spatial Frequency</i>	11
2.6 <i>Fusion Rule</i>	12
2.7 <i>Root Mean Square Error</i>	13
2.8 <i>Mutual Information</i>	13
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN	15
3.1 Tahap Analisis.....	15
3.1.1 Deskripsi Umum.....	15
3.2 Perancangan Sistem.....	15
3.3 Perancangan Data.....	18
3.4 Perancangan Proses.....	18
3.4.1 Pra-Proses.....	19

3.4.2	<i>Stationary Wavelet Transform</i>	20
3.4.3	<i>Gaussian Membership Function</i>	26
3.4.4	<i>Local Spatial Frequency</i>	27
3.4.5	<i>Fusion Rule</i>	28
3.4.6	<i>Inverse Stationary Wavelet Transform</i>	30
BAB IV IMPLEMENTASI		31
4.1	Lingkungan Implementasi.....	31
4.1.1	Perangkat Keras	31
4.1.2	Perangkat Lunak	31
4.2	Implementasi Tahap <i>Stationary Wavelet Transform</i>	32
4.2.1	Implementasi Input	32
4.2.2	Implementasi <i>Resize</i> Citra	33
4.2.3	Implementasi <i>Stationary Wavelet Transform</i>	33
4.3	Implementasi <i>Gaussian Membership Function</i>	33
4.3.1	Implementasi <i>Center of Gaussian Membership Function</i> .	34
4.3.2	Implementasi <i>Standard Deviation of Gaussian Membership Function</i>	34
4.3.3	Implementasi <i>Membership Degree of Gaussian Membership Function</i>	34
4.4	Implementasi <i>Local Spatial Frequency</i>	35
4.4.1	Implementasi <i>Local Row Frequency (LRF)</i>	35
4.4.2	Implementasi <i>Local Coloumn Frequency (LCF)</i>	35
4.4.3	Implementasi <i>Local Spatial Frequency (LSF)</i>	36
4.5	Implementasi <i>Fusion Rule</i>	36
4.5.1	Implementasi <i>Decision Map</i>	36
4.5.2	Implementasi <i>Consistency Verification</i>	37
4.5.3	Implementasi <i>Fused Coefficient</i>	37
4.6	Implementasi <i>Inverse Stationary Wavelet Transform</i>	37
BAB V UJI COBA DAN EVALUASI		39
5.1	Lingkungan Uji Coba	39
5.2	Data Uji Coba.....	39
5.3	Skenario Uji Coba	39

5.4	Uji Coba Penentuan Parameter Level <i>Stationary Wavelet Transform</i>	40
5.4.1	Uji Coba Penentuan Parameter Level <i>Stationary Wavelet Transform</i> pada Citra RGB	40
5.4.2	Uji Coba Penentuan Parameter Level <i>Stationary Wavelet Transform</i> pada Citra <i>Grayscale</i>	42
5.5	Uji Coba Penentuan nilai <i>Amplification Factor</i> pada <i>Gaussian Membership Function</i>	43
5.5.1	Uji Coba Penentuan nilai <i>Amplification Factor</i> pada <i>Gaussian Membership Function</i> pada Citra RGB	43
5.5.2	Uji Coba Penentuan nilai <i>Amplification Factor</i> pada <i>Gaussian Membership Function</i> pada Citra <i>Grayscale</i>	45
5.6	Uji coba ukuran <i>window</i> pada <i>Local Spatial Frequency</i> ...47	
5.6.1	Uji Coba Ukuran <i>Window</i> pada <i>Local Spatial Frequency</i> pada Citra RGB	47
5.6.2	Uji Coba Ukuran <i>Window</i> pada <i>Local Spatial Frequency</i> pada Citra <i>Grayscale</i>	48
5.7	Evaluasi.....	49
5.7.1	Evaluasi Uji Coba Parameter Level <i>Stationary Wavelet Transform</i>	50
5.7.2	Evaluasi Uji Coba nilai <i>Amplification Factor</i> pada <i>Gaussian Membership Function</i>	50
5.7.3	Evaluasi Uji Coba ukuran <i>Window</i> pada <i>Local Spatial Frequency</i>	50
	BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	53
6.1	Kesimpulan	53
6.2	Saran	53
	LAMPIRAN	55
	BIODATA PENULIS	95

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skenario Fokus	7
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Sistem	16
Gambar 3.2 Citra Multi-Fokus	16
Gambar 3.3 Citra Hasil Fusi.....	17
Gambar 3.4 Citra Multi-Fokus dan Hasil Fusi	18
Gambar 3.5 Citra Hasil Pra-Proses untuk SWT Level	19
Gambar 3.6 Diagram Alir Proses <i>Stationary Wavelet Transform</i>	20
Gambar 3.7 Hasil Dekomposisi SWT Level 1 Sub-Citra.....	21
Gambar 3.8 Hasil Dekomposisi SWT Level 2 Sub-Citra.....	22
Gambar 3.9 Hasil Dekomposisi SWT Level 3 Sub-Citra.....	23
Gambar 3.10 Hasil Dekomposisi SWT Level 4 Sub-Citra.....	24
Gambar 3.11 Hasil Dekomposisi SWT Level 5 Sub-Citra.....	25
Gambar 3.12 Diagram Alir Proses <i>Gaussian Membership Function</i>	26
Gambar 3.13 <i>Membership Degree</i> Sub-Citra <i>Approximation</i>	27
Gambar 3.14 Diagram Alir Proses <i>Local Spatial Frequency</i>	28
Gambar 3.15 Diagram Alir Proses <i>Fusion Rule</i>	29
Gambar 3.16 Sub-Citra Gabungan	29
Gambar 3.17 Diagram Alir Proses <i>Inverse Stationary Wavelet Transform</i>	30
Gambar 5.1 Citra Hasil Fusi RGB SWT	41
Gambar 5.2 Citra Hasil Fusi <i>Grayscale</i> SWT	43
Gambar 5.3 Citra Hasil Fusi RGB <i>Amplification Factor</i>	45
Gambar 5.4 Citra Hasil Fusi <i>Grayscale Amplification Factor</i>	46
Gambar 5.5 Citra Hasil Fusi RGB Ukuran <i>Window</i>	48
Gambar 5.6 Citra Hasil Fusi <i>Grayscale</i> Ukuran <i>Window</i>	49

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 Hasil Uji Coba Penentuan Parameter <i>level Stationary Wavelet Transform</i> pada Citra RGB	41
Tabel 5.2 Hasil Uji Coba Penentuan Parameter <i>level Stationary Wavelet Transform</i> pada Citra <i>Grayscale</i>	42
Tabel 5.3 Hasil Uji Coba Penentuan nilai <i>Amplification Factor</i> pada GMF (Citra RGB).....	44
Tabel 5.4 Hasil Uji Coba Penentuan nilai <i>Amplification Factor</i> pada GMF (Citra <i>Grayscale</i>).....	46
Tabel 5.5 Hasil Uji Coba Ukuran <i>Window</i> pada <i>Local Spatial Frequency</i> pada Citra RGB	47
Tabel 5.6 Hasil Uji Coba Ukuran <i>Window</i> pada <i>Local Spatial Frequency</i> pada Citra <i>Grayscale</i>	49

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR KODE SUMBER

Kode Sumber 4.1 Implementasi Input.....	32
Kode Sumber 4.2 Pengubahan Input citra RGB menjadi citra <i>grayscale</i>	32
Kode Sumber 4.3 Implementasi <i>Resize</i> Citra.....	33
Kode Sumber 4.4 Implementasi <i>Stationary Wavelet Transform</i>	33
Kode Sumber 4.5 Implementasi <i>Center of Gaussian Membership Function</i>	34
Kode Sumber 4.6 Implementasi <i>Standard Deviation of Gaussian Membership Function</i>	34
Kode Sumber 4.7 Implementasi <i>Membership Degree of Gaussian Membership Function</i>	35
Kode Sumber 4.8 Implementasi <i>Local Row Frequency</i>	35
Kode Sumber 4.9 Implementasi <i>Local Column Frequency</i>	35
Kode Sumber 4.10 Implementasi <i>Local Spatial Frequency</i>	36
Kode Sumber 4.11 Implementasi LSFm	36
Kode Sumber 4.12 Implementasi <i>Decision Map</i>	36
Kode Sumber 4.13 Implementasi <i>Consistency Verification</i>	37
Kode Sumber 4.14 Implementasi <i>Fused Coefficient</i>	37
Kode Sumber 4.15 Implementasi <i>Inverse Stationary Wavelet Transform</i>	37

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas hal-hal yang mendasari tugas akhir. Bahasan meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, metodologi, dan sistematika laporan tugas akhir.

1.1 Latar Belakang

Fusi citra multi-fokus adalah bagian dari fusi citra, dan juga menjadi dasar dari bidang fusi citra lainnya, seperti fusi citra inframerah, fusi citra penginderaan jauh, fusi citra medis dan seterusnya [1]. Citra yang ditangkap oleh instrumen optik dalam satu skenario dengan titik fokus objek berbeda akan menghasilkan citra yang memiliki fokus sebagian. Hal itu membuat para peneliti mengajukan berbagai macam pendekatan fusi citra multi-fokus, sehingga didapatkan informasi spesifik dari semua objek yang jelas dalam suatu skenario. Tujuan utama dari fusi citra multi-fokus ialah menggabungkan dua atau lebih citra yang memiliki fokus sebagian untuk mendapatkan citra yang fokus sepenuhnya, sehingga dapat menunjukkan skenario yang lebih akurat dan lebih cocok untuk persepsi visual manusia [2].

Dalam fusi citra, teknik *domain-based transform* adalah tren *mainstream*; pertama dengan menguraikan sumber citra menjadi himpunan sub-citra menggunakan algoritma multi-skala untuk mengekstrak rincian informasi; lalu sub-citra gabungan (koefisien) didapatkan dari *fusion rule* spesifik; akhirnya citra gabungan dihasilkan dari *inverse transformasi* multi-skala [1]. Algoritma transformasi yang paling umum digunakan ialah transformasi piramida dan *wavelet*, seperti *Laplacian Pyramid* (LP), *Gradient Pyramid* (GP), dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) [2]. Diketahui bahwa dekomposisi DWT memiliki beberapa kekurangan mendasar, diantaranya yaitu *shift invariance*, *aliasing*, dan *lack of directionality*. Oleh karena itu, pada tahun 1995, Nason dan Silverman mengajukan *Stationary*

Wavelet Transform (SWT) untuk menyelesaikan permasalahan yang ada pada DWT [1].

Beberapa tahun terakhir ini, teori fuzzy secara luas diaplikasikan dalam fusi citra dikarenakan teori tersebut secara efektif menangani permasalahan fusi citra yang tidak tepat dan tidak pasti. Ada dua tipe utama teori fuzzy dalam aplikasi fusi citra. Pertama, teori fuzzy diaplikasikan untuk menghitung atau mengoptimalkan parameter yang tidak pasti dari model spesifik. Kedua, himpunan fuzzy diaplikasikan sebagai bagian dari algoritma fusi citra untuk mencapai transformasi fitur atau *decision operator* [1].

Berdasarkan hasil analisa tersebut disimpulkan bahwa performa metode SWT dapat ditingkatkan dengan mengkombinasikan himpunan fuzzy dan metode analisis lainnya. Oleh karena itu, tugas akhir ini akan mengkombinasikan *Stationary Wavelet Transform* dengan Himpunan Fuzzy. Dengan harapan, fusi citra yang dihasilkan akan lebih baik dari sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini dapat dipaparkan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengekstrak fitur menggunakan metode *Stationary Wavelet Transform*?
2. Bagaimana cara mendapatkan fitur lokal dari Himpunan Fuzzy pada data sub-citra?
3. Bagaimana cara merekonstruksi citra gabungan?
4. Bagaimana cara mengevaluasi hasil fusi citra?

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini memiliki beberapa batasan antara lain:

1. Jumlah citra sumber adalah dua.
2. Dataset yang digunakan adalah data *Multi-Focus Image Fusion* (Slavica Savic, 2011) dan tambahan dari penulis berjumlah 30 pasang citra multi-fokus.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan tugas akhir ini adalah melakukan fusi citra multi-fokus menggunakan *Stationary Wavelet Transform* dan Himpunan Fuzzy.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari tugas akhir ini adalah untuk membantu meningkatkan hasil kualitas fusi citra multi-fokus sehingga citra dapat menunjukkan skenario yang lebih akurat dan lebih cocok untuk persepsi visual manusia.

1.6 Metodologi

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada studi literatur ini, penulis akan mempelajari sejumlah referensi yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir, yaitu mengenai metode *Stationary Wavelet Transform*, *Gaussian Membership Function*, *Local Spatial Frequency*, dan Himpunan Fuzzy.

2. Analisis dan Desain Perangkat Lunak

Pada tahap ini akan dilakukan analisa perencanaan dan pendefinisian kebutuhan sistem untuk mengetahui permasalahan yang akan dihadapi pada tahap implementasi. Kemudian, akan dijabarkan kebutuhan-kebutuhan tersebut kedalam perancangan fitur pada sistem. Berikut langkah yang akan dilakukan:

- a. Menampilkan *input* berupa sepasang citra multi-fokus yang dimasukkan oleh pengguna.
- b. Menampilkan citra hasil fusi.

3. Implementasi Perangkat Lunak

Pembangunan aplikasi ini akan dilakukan dengan menggunakan IDE MATLAB R2017a.

4. Uji Coba dan Evaluasi

Tahap ini dilakukan dengan menghitung *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mutual Information* (MI) dari citra hasil fusi. Citra hasil fusi dibandingkan dengan citra referensi yang merupakan citra sumber. Dilakukan uji coba untuk mencari parameter yang memberikan hasil fusi terbaik. Parameter yang diuji coba adalah level dekomposisi pada tahap SWT, *Amplification Factor* pada tahap GMF, dan ukuran *window* pada tahap LSF. Semakin kecil nilai RMSE dan semakin besar nilai MI maka hasil fusi semakin baik.

1.7 Sistematika Laporan

Buku tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran dari pengerjaan tugas akhir ini. Selain itu, diharapkan dapat berguna untuk pembaca yang tertarik untuk melakukan pengembangan lebih lanjut. Secara garis besar, buku tugas akhir terdiri atas beberapa bagian seperti berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab yang berisi mengenai latar belakang, tujuan, dan manfaat dari pembuatan tugas akhir. Selain itu permasalahan, batasan masalah, metodologi yang digunakan, dan sistematika penulisan juga merupakan bagian dari bab ini.

Bab II Dasar Teori

Bab ini berisi penjelasan secara detail mengenai dasar-dasar penunjang dan teori-teori yang digunakan untuk mendukung pembuatan tugas akhir ini.

Bab III Analisis dan Perancangan

Bab ini berisi tentang analisis dan perancangan desain sistem tugas akhir ini.

Bab IV Implementasi

Bab ini membahas implementasi dari desain yang telah dibuat pada bab sebelumnya. Penjelasan berupa kode yang digunakan untuk proses implementasi.

Bab V Uji Coba dan Evaluasi

Bab ini membahas tahap-tahap uji coba. Kemudian hasil uji coba dievaluasi untuk kinerja dari aplikasi yang dibangun.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Bab ini merupakan bab terakhir yang menyampaikan kesimpulan dari hasil uji coba yang dilakukan dan saran untuk pengembangan aplikasi ke depannya.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

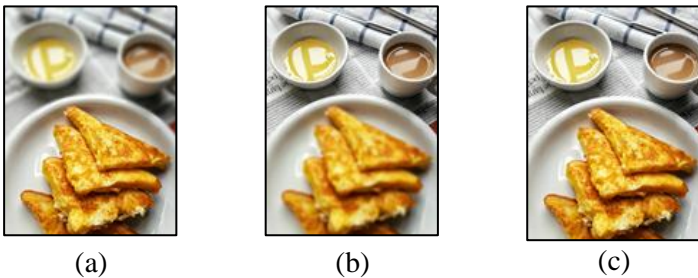
BAB II

DASAR TEORI

Pada bab ini diuraikan mengenai dasar-dasar teori yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir dengan tujuan untuk memberikan gambaran secara umum terhadap penelitian yang dikerjakan. Bab ini berisi penjelasan mengenai Fusi Citra Multi-Fokus, Himpunan Fuzzy, Stationary Wavelet Transform, Gaussian Membership Function, Local Spatial Frequency, Fusion Rule, Root Mean Square Error dan Mutual Information.

2.1 Fusi Citra Multi-Fokus

Fusi Citra adalah teknik untuk mengekstrak sebanyak mungkin informasi yang relevan untuk aplikasi analisis citra, seperti kamera pengintai, pelacakan target, pengenalan target, pengenalan wajah [3]. Fusi Citra Multi-Fokus adalah salah satu cabang dari Fusi Citra, yang menggabungkan scenario terfokus dalam citra sumber menjadi satu citra gabungan dan memperkaya informasi citra [1]. Contoh hasil penggabungan skenario fokus dari sepasang citra multi-fokus dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Skenario Fokus
(a) dan (b) Citra Multi-Fokus Sumber A dan B. (c) Citra Hasil Fusi

2.2 Stationary Wavelet Transform

Ketika dibandingkan dengan *Wavelet Transform* Tradisional (DWT), *Stationary Wavelet Transform* (SWT) memiliki sifat *shift invariance* dan *redundancy*. *Stationary Wavelet Transform* mengaplikasikan *up-sampling filter* sebagai ganti *down-sampling filter*, sehingga ukuran dari sub-citra tidak berkurang. *Stationary Wavelet Transform* dapat mengekstrak fitur kecil dalam skala halus dan fitur besar dalam skala kasar menggunakan penguraian multiskalanya. Oleh karena itu sub-citra yang telah diurai dapat mempertahankan sebgaaian besar informasinya dari citra sumber, hal inilah yang menjadi alasan *Stationary Wavelet Transform* juga disebut “*algorithme à trous*” dimana kata “*trous*” berarti lubang yang mengacu pada penambahan angka nol pada *filter*. Pada penelitian ini *Stationary Wavelet Transform* mengurai fitur penting dari citra sumber kedalam beberapa tingkatan dengan analisa multiresolusinya. Tingkatan ke- j dari penguraian SWT ditunjukkan sebagai berikut:

$$L_{j+1}(k_x, k_y) = \sum_{l_x=-\infty}^{+\infty} \sum_{l_y=-\infty}^{+\infty} h(l_x)h(l_y)C_{j,k+2^j}(l_x, l_y) \quad (2.1)$$

$$\omega_{j+1}^h(k_x, k_y) = \sum_{l_x=-\infty}^{+\infty} \sum_{l_y=-\infty}^{+\infty} g(l_x)h(l_y)C_{j,k+2^j}(l_x, l_y) \quad (2.2)$$

$$\omega_{j+1}^v(k_x, k_y) = \sum_{l_x=-\infty}^{+\infty} \sum_{l_y=-\infty}^{+\infty} h(l_x)g(l_y)C_{j,k+2^j}(l_x, l_y) \quad (2.3)$$

$$\omega_{j+1}^d(k_x, k_y) = \sum_{l_x=-\infty}^{+\infty} \sum_{l_y=-\infty}^{+\infty} g(l_x)g(l_y)C_{j,k+2^j}(l_x, l_y) \quad (2.4)$$

Dimana $L_{j+1}(k_x, k_y)$ menunjukkan perkiraan koefisien dari tingkat j . $\omega_{j+1}^h(k_x, k_y)$, $\omega_{j+1}^v(k_x, k_y)$, dan $\omega_{j+1}^d(k_x, k_y)$ menunjukkan rincian koefisien horizontal, vertikal, dan diagonal dari tingkat j . $k_x = 1, 2, 3, \dots, M$ dan $k_y = 1, 2, 3, \dots, N$. $h(l_x)$ dan $h(l_y)$ adalah *low-pass filters*. $g(l_x)$ dan $g(l_y)$ adalah *high-pass filters*. L_{j+1} dan $C_{j,k+2j}$ adalah *sub-band* frekuensi rendah pada level j dan $(j+1)$. l_x dan l_y menunjukkan pemindahan pada sumbu x dan sumbu y [2].

2.3 Himpunan Fuzzy

Teori Himpunan Fuzzy diciptakan oleh Zadeh pada tahun 1965, yang menunjukkan hubungan afiliasi elemen dalam satu himpunan dengan batasan yang tak hingga, dan dapat menghitung hubungan afiliasi dari rata-rata tingkat keanggotaan (fungsi keanggotaan dinilai) yang dihasilkan oleh *Gaussian Membership Function* (GMF). Nilai GMF adalah *scalar* pada interval $[0, 1]$ dimana 0 menunjukkan bukan keanggotaan dan 1 menunjukkan keanggotaan penuh, nilai diantara 0 dan 1 menunjukkan berbagai tingkat afiliasi. Secara umum, himpunan fuzzy dapat didefinisikan sebagai:

$$A = \{x, \mu_A(x) \mid x \in U\} \quad (2.5)$$

dan untuk *continuous* dan *discrete domain* U , juga dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A = \int \{\mu_A(x)/x\} \forall x \in U \quad (\text{untuk kasus } \textit{continuous}) \quad (2.6)$$

$$A = \sum \{\mu_A(x)/x\} \forall x \in U \quad (\text{untuk kasus } \textit{discrete}) \quad (2.7)$$

Dimana $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$; $\mu_A(x)$ adalah GMF dari himpunan fuzzy dengan $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$, yang menunjukkan

tingkat keanggotan elemen x dalam U ; total penjumlahan dari GMF untuk x sama dengan 1, yaitu dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n u_{A_i}(x) = 1 \quad (2.8)$$

Dimana n adalah jumlah himpunan fuzzy yang dimiliki x [2].

2.4 Gaussian Membership Function

Gaussian Membership Function (GMF) hanya memiliki dua parameter yang dapat dihitung berdasarkan *pixel* sub-citra; selain, distribusi *pixel* citra yang dapat dianggap sebagai distribusi biasa berdasarkan GMF. Sub-citra dengan ukuran $M \times N$ dapat didefinisikan sebagai matriks data, dan GMF dapat digunakan untuk mendapatkan matriks keanggotaan yang berisi rangkaian himpunan fuzzy. Matriks data citra A dan B digabung berdasarkan persamaan (2.9). $u(im_{ij})$ menunjukkan tingkat afiliasi setiap *pixel* yang dihitung oleh GMF berdasarkan persamaan (2.10). Setelah formulasi GMF, setiap nilai *pixel* yang jernih $im(i, j)$ ditetapkan sebagai nilai $u(im_{ij})$ yang merupakan tingkat keanggotaan yang sesuai (himpunan fuzzy).

$$im_{ij} = cat(imA_{ij}, imB_{ij}) \quad (2.9)$$

$$u(im_{ij}) = e^{-\frac{(im_{ij}-c)^2}{2\eta*\sigma^2}} \quad (2.10)$$

Dimana imA_{ij}, imB_{ij} menunjukkan sub-citra dari citra sumber A dan B; ij menunjukkan posisi koefisien dalam citra; im_{ij} adalah nilai intensitas dari koefisien sub-citra; η adalah *amplification factor*; σ didefinisikan sebagai standar deviasi dari

sub-citra, dan menunjukkan lebar GMF berdasarkan persamaan (2.11); C menunjukkan pusat dari GMF, dan didefinisikan sebagai nilai rata-rata sub-citra berdasarkan persamaan (2.12).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (im(i,j) - c)^2} \quad (2.11)$$

$$C = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N im(i,j) \quad (2.12)$$

Dimana $im(i,j)$ adalah nilai *pixel* dari citra pada posisi (i,j) , M dan N adalah ukuran citra [1]. Dimana imA_{ij} , imB_{ij} menunjukkan sub-citra dari citra sumber A dan B; ij menunjukkan posisi koefisien dalam citra.

2.5 Local Spatial Frequency

Local Spatial Frequency (LSF) adalah teknik untuk menggambarkan rincian informasi yang dibagi secara *regional* dari citra sumber, dan terdiri dari *Local Row Frequency* (LRF) dan *Local Column Frequency* (LCF). LSF dari masing-masing sub-citra dapat dihitung berdasarkan matriks keanggotaan, sehingga dapat mengekstrak fitur *regional* dari sub-citra menjadi lebih mudah. Oleh karena itu, koefisien gabungan akan dipilih dengan membandingkan nilai LSF.

$$LSF = \sqrt{LRF^2 + LCF^2} \quad (2.13)$$

$$LRF = \sqrt{\frac{1}{w^2} \sum_{i=1}^w \sum_{j=2}^w [u(i,j) - u(i,j-1)]^2}$$

$$LCF = \sqrt{\frac{1}{w^2} \sum_{i=2}^w \sum_{j=1}^w [u(i,j) - u(i-1,j)]^2} \quad (2.14)$$

$$(2.15)$$

Dimana w adalah ukuran jendela dan menentukan skala spasial LSF, $u(i,j)$ adalah nilai GMF pada *pixel* (i,j) . Setelah mendapatkan fitur lokal himpunan fuzzy, *median filter* diaplikasi untuk mengurangi *noise*.

$$LSF_m(i,j) = median\{LSF(i,j)\} \quad (2.16)$$

Dimana $median\{\}$ adalah operasi *median filter* [2].

2.6 Fusion Rule

Fusion Rule adalah langkah terakhir untuk menentukan koefisien dari sub-citra. Dalam metode ini, nilai LSF dari matriks keanggotaan dapat menunjukkan fitur perinci dari sub-citra dalam *domain* SWT secara akurat dan secara bersamaan juga fitur lokal dari sub-citra. Sehingga, metode ini dapat memilih koefisien dengan kualitas tinggi berdasarkan nilai LSF nya, sebagai (2.17).

$$DM(i,j) = \begin{cases} 1, & LSF_m(i,j)_A \geq LSF_m(i,j)_B \\ 0, & LSF_m(i,j)_A < LSF_m(i,j)_B \end{cases} \quad (2.17)$$

Dimana (i,j) menunjukkan koefisien baris ke- i dan kolom ke- j dari sub-citra; $DM(i,j)$ adalah *decision mapping*; $LSF_m(i,j)_A$ dan $LSF_m(i,j)_B$ adalah nilai koefisien sub-citra dari citra sumber A dan B.

Untuk memperbaiki kesalahan yang tidak diinginkan dan mendadak, mayoritas filter mengimplementasikan verifikasi

untuk mengasimilasi titik *singular* tunggal dalam wilayah yang spesifik dari suatu citra, sebagai (2.18) dan (2.19).

$$DMcv(i, j) = CV \{DM(i, j)\} \quad (2.18)$$

$$FC(i, j) = DMcv(i, j) * C(i, j)_A + (1 - DMcv(i, j)) * C(i, j)_B \quad (2.19)$$

Dimana $CV\{\}$ adalah operasi verifikasi konsistensi; $DMcv(i, j)$ adalah *decision mapping* setelah verifikasi konsistensi, $FC(i, j)$ adalah koefisien gabungan dari sub-citra; $C(i, j)_A$ dan $C(i, j)_B$ adalah koefisien sub-citra dari citra sumber A dan B [2].

2.7 Root Mean Square Error

Root Mean Square Error (RMSE) menunjukkan kesalahan kumulatif kuadrat antara citra yang tergabung dan yang direferensikan, yang didefinisikan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{x=0}^M \sum_{n=0}^N [F(x, y) - R(x, y)]^2}{MN}} \quad (2.20)$$

Dimana $M \times N$ adalah ukuran citra yang tergabung, $F(x, y)$ dan $R(x, y)$ adalah nilai pixel dari citra yang digabungkan dan direferensikan pada posisi (x, y) . Semakin kecil nilai RMSE, semakin baik kinerja metode fusi citra [4].

2.8 Mutual Information

Mutual Information (MI) dapat menunjukkan berapa banyak informasi citra tergabung tersampaikan dari citra sumber, yang didefinisikan sebagai berikut:

$$MI = MI^{AF} + MI^{BF} \quad (2.21)$$

Dimana

$$MI^{AF} = \sum_{f=0}^L \sum_{a=0}^L p^{AF}(a, f) \log \left(\frac{p^{AF}(a, f)}{p^A(a)p^F(f)} \right) \quad (2.22)$$

$$MI^{BF} = \sum_{f=0}^L \sum_{b=0}^L p^{BF}(b, f) \log \left(\frac{p^{BF}(b, f)}{p^B(b)p^F(f)} \right) \quad (2.23)$$

Dimana MI^{AF} dan MI^{BF} menunjukkan MI normal antara citra tergabung F dan citra sumber (A dan B); $a, b, \text{ and } f \in [0, L]$. $p^B(b)$ dan $p^F(f)$ adalah *gray level histograms* dari citra sumber dan citra tergabung F. $p^{AF}(a, f)$ dan $p^{BF}(b, f)$ adalah *joint gray level histograms* antara citra tergabung F dan citra sumber A dan B. Semakin besar nilai MI , semakin baik kinerja metode fusi citra [4].

BAB III

ANALISIS DAN PERANCANGAN

Bab analisis dan perancangan berisi analisis kebutuhan dan perancangan aplikasi yang akan dibangun. Tahap analisis membahas mengenai analisis kebutuhan yang menjadi dasar dari tahap perancangan.

3.1 Tahap Analisis

Tahap analisis mendefinisikan kebutuhan yang akan dipenuhi dalam pembangunan aplikasi Fusi Citra Multi-Fokus. Selain itu dijelaskan pula alasan pengerjaan masing-masing tahap pada tugas akhir ini.

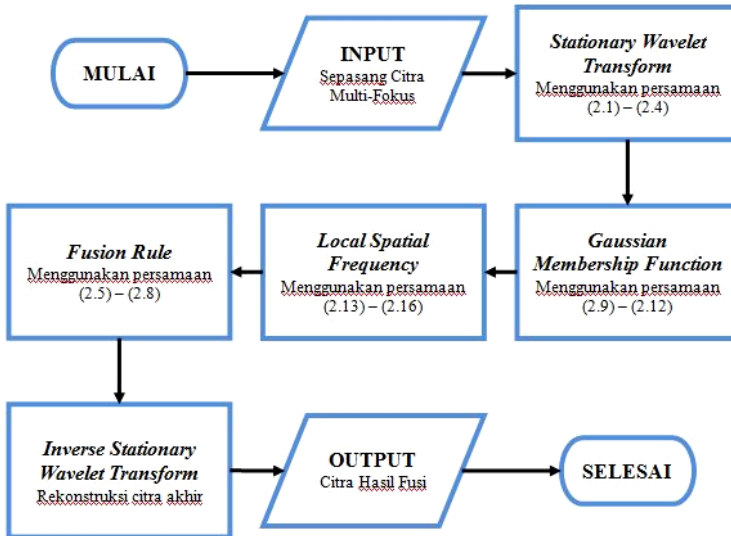
3.1.1 Deskripsi Umum

Pada tugas akhir ini dibangun aplikasi untuk mendapatkan suatu informasi spesifik dari semua objek yang jelas dalam suatu skenario dari pendekatan fusi citra multi-fokus dengan menggunakan *Stationary Wavelet Transform* dan Himpunan Fuzzy. Data masukan yang digunakan adalah sepasang citra multi-fokus yang diambil dari penelitian Slavica Savic pada tahun 2011 dan tambahan dari penulis. Data keluaran dari aplikasi adalah citra gabungan dari citra sumber A dan B

Aplikasi ini diharapkan dapat digunakan untuk membantu meningkatkan hasil kualitas fusi citra multi-fokus sehingga citra dapat menunjukkan suatu skenario yang lebih akurat dan lebih cocok untuk persepsi visual manusia.

3.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan proses secara keseluruhan dari aplikasi Fusi Citra Multi-Fokus. Rancangan aplikasi ini ditunjukkan dalam bentuk diagram alir pada **Gambar 3.1** yang terdiri dari sepasang citra masukan, lima tahapan proses dan satu citra keluaran.



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Sistem

Data masukan yang digunakan adalah sepasang citra multi-fokus yang diambil dari penelitian Slavica Savic pada tahun 2011 dan tambahan dari penulis. Contoh sepasang citra multi-fokus dapat ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.



(a)



(b)

Gambar 3.2 Citra Multi-Fokus

(a) Fokus pada jam sebelah kanan.

(b) Fokus pada jam sebelah kiri

Proses *Stationary Wavelet Transform* akan dilakukan dekomposisi SWT 5-tingkat untuk mendapatkan serangkaian *low-frequency* dan *high-frequency* sub-citra pada setiap tingkat dan arah, berdasarkan persamaan (2.1) – (2.4). Kemudian pada proses *Gaussian Membership Function*, data sub-citra dari citra sumber A dan B digabungkan dengan menggunakan persamaan (2.9). Lalu, GMF diaplikasikan untuk mendapatkan matriks keanggotaan berdasarkan persamaan (2.10) – (2.12).

Kemudian *Local Spatial Frequency* dari masing-masing matriks keanggotaan dihitung untuk meningkatkan fitur regional dari sub-citra menggunakan persamaan (2.13) – (2.14). Lalu, *median filter* dimanfaatkan untuk menghilangkan *noise* dan fitur yang tidak diinginkan dalam matriks keanggotaan LSF berdasarkan persamaan (2.15). Kemudian dilakukan proses *fusion rule* menggunakan *decision maps* primitif dibentuk dari strategi fusi berdasarkan matriks keanggotaan LSF menggunakan persamaan (2.17). *Decision maps* yang dimodifikasi didapatkan dari verifikasi konsistensi berdasarkan persamaan (2.18). Lalu, sub-citra gabungan didapatkan dari *decision maps* yang dimodifikasi berdasarkan persamaan (2.19).

Citra akhir akan direkonstruksi menggunakan *Inverse Stationary Wavelet Transform* berdasarkan sub-citra gabungan. Kemudian data keluaran yang dihasilkan adalah citra gabungan dari citra sumber A dan B. Contoh citra hasil fusi dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.

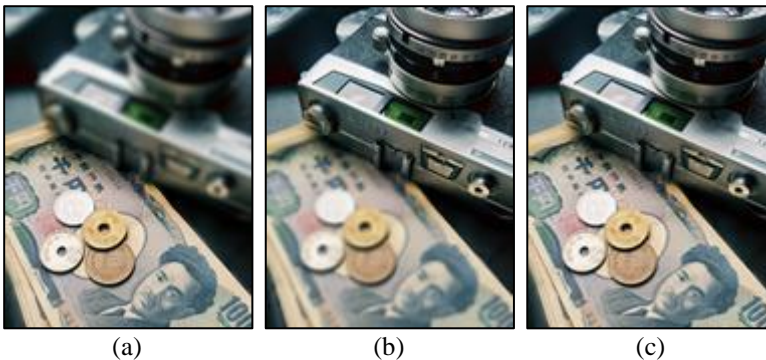


Gambar 3.3 Citra Hasil Fusi

3.3 Perancangan Data

Perancangan data dilakukan untuk memastikan pengoperasian aplikasi berjalan dengan benar. Data masukan (*input*) adalah data yang diperlukan dalam pengoperasian aplikasi dan data keluaran (*output*) adalah data yang akan digunakan oleh pengguna.

Data masukan adalah data yang diproses oleh aplikasi Fusi Citra Multi-Fokus. Data yang digunakan sebagai masukan adalah sepasang citra multi-fokus yang ambil dari penelitian Slavica Savic pada tahun 2011 dan beberapa tambahan dari penulis. Data masukan berjumlah 20 pasang citra RGB dan 10 pasang citra *grayscale*. Hasil data keluaran dari system Fusi Citra Multi-Fokus merupakan citra gabungan dari sepasang citra multi-fokus. Contoh sepasang citra RGB multi-fokus dan citra hasil fusi ditunjukkan pada **Gambar 3.4**.



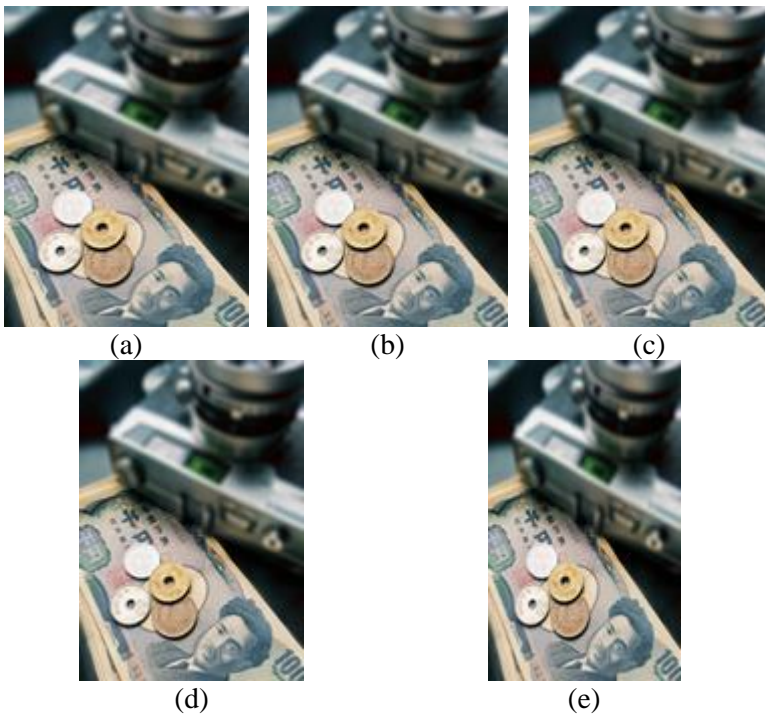
Gambar 3.4 Citra Multi-Fokus dan Hasil Fusi
(a) dan (b) Citra Sumber A dan B. (c) Citra Hasil Fusi

3.4 Perancangan Proses

Perancangan proses dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai setiap proses yang terdapat pada aplikasi Fusi Citra Multi-Fokus. Bagan dari setiap proses utama aplikasi dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.

3.4.1 Pra-Proses

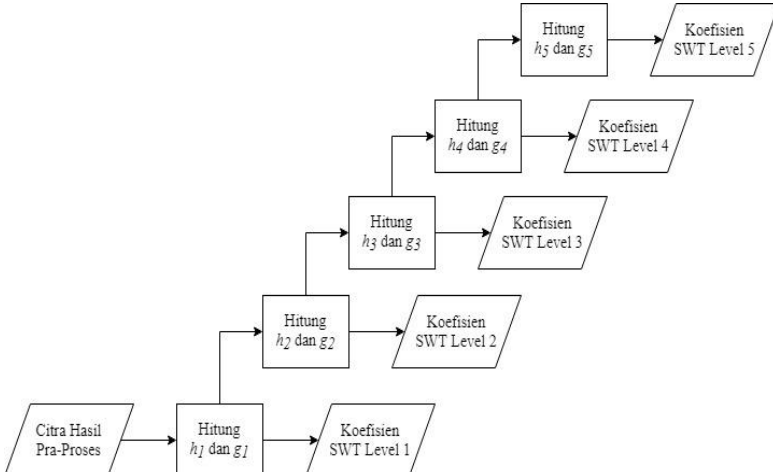
Sebelum memasukkan citra ke proses *Stationary Wavelet Transform* perlu dilakukan pra-proses dimana sumber citra masukan akan diubah ukurannya untuk memenuhi syarat proses berikutnya yaitu *Stationary Wavelet Transform* (SWT) dimana ukuran citra masukan dapat dibagi dengan $2^{\text{Level}_{SWT}}$. Citra akan diubah ukurannya semakin kecil karena dengan alasan jika citra diperbesar maka citra akan semakin kasar. Contoh citra yang telah melalui pra-proses dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Citra Hasil Pra-Proses untuk SWT Level
(a) 1. (b) 2. (c) 3. (d) 4. (e) 5.

3.4.2 *Stationary Wavelet Transform*

Setelah melalui pra-proses yang dilakukan adalah *Stationary Wavelet Transform* (SWT) yaitu diagram alir proses ini ditunjukkan pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3.6 Diagram Alir Proses *Stationary Wavelet Transform*

Proses dimulai dengan citra sumber dimasukkan. g merupakan koefisien dari *high-pass filter* yang berisikan koefisien horizontal, vertical, dan diagonal. h merupakan koefisien dari *low-pass filter* yang berisikan koefisien aproksimasi. n menunjukkan *index* koefisien. Proses akan selesai sesuai dengan *level* SWT yang ditentukan. Contoh hasil dekomposisi dari level 1 – 5 dapat dilihat pada **Gambar 3.7** - **Gambar 3.11**.



(a)



(e)



(b)



(f)



(c)



(g)

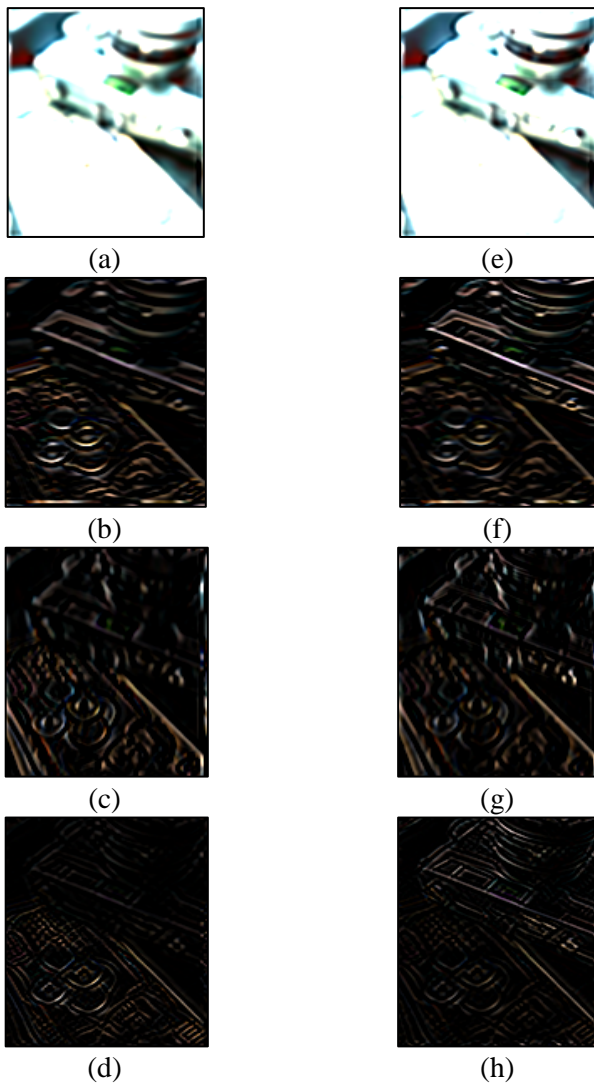


(d)

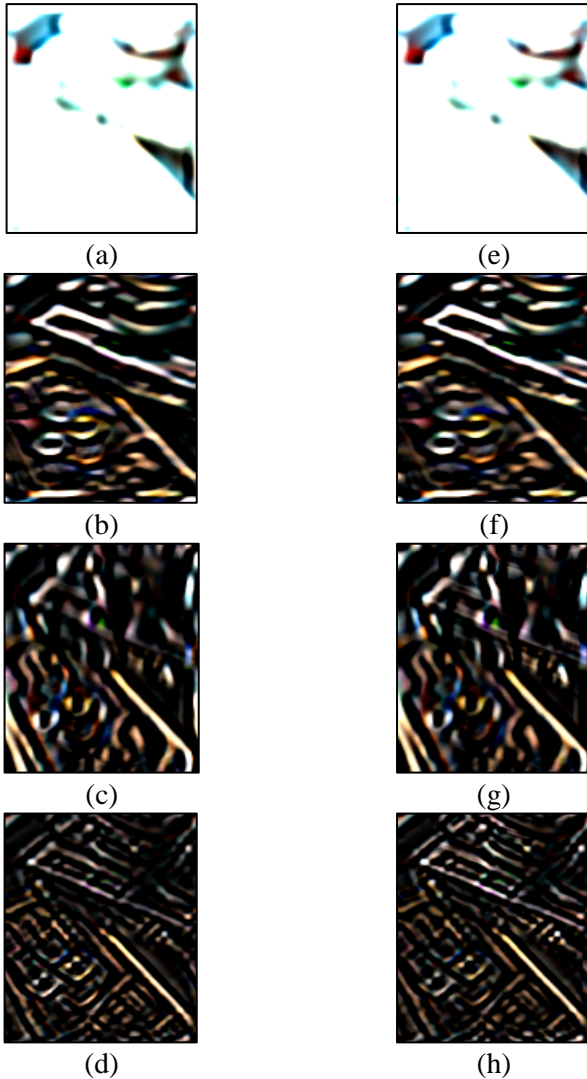


(h)

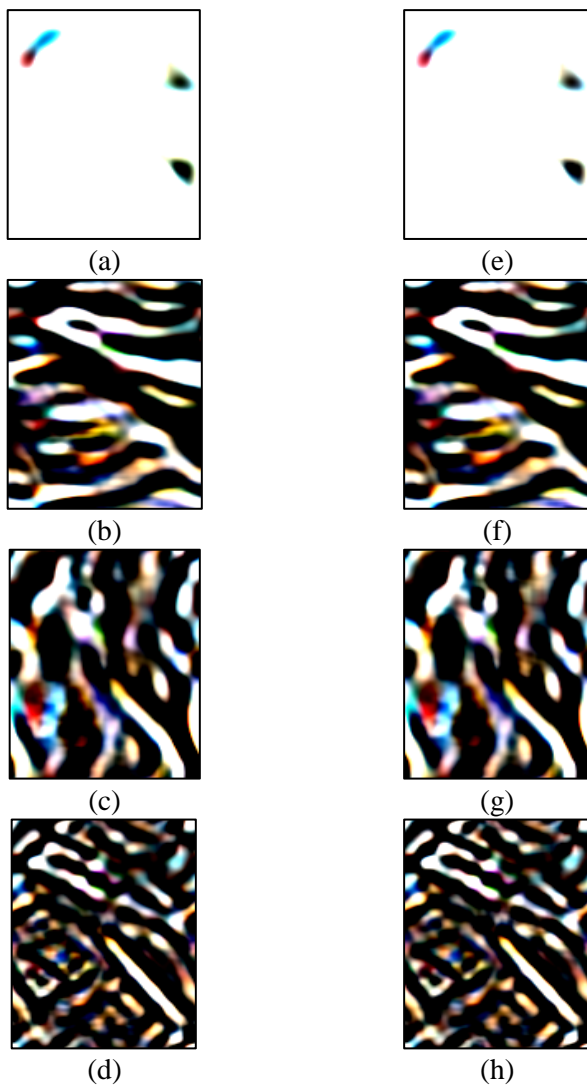
Gambar 3.7 Hasil Dekomposisi SWT Level 1 Sub-Citra
(a), (e) *Approximation A dan B.* (b), (f) *Horizontal A dan B.*
(c), (g) *Vertical A dan B.* (d), (h) *Diagonal A dan B.*



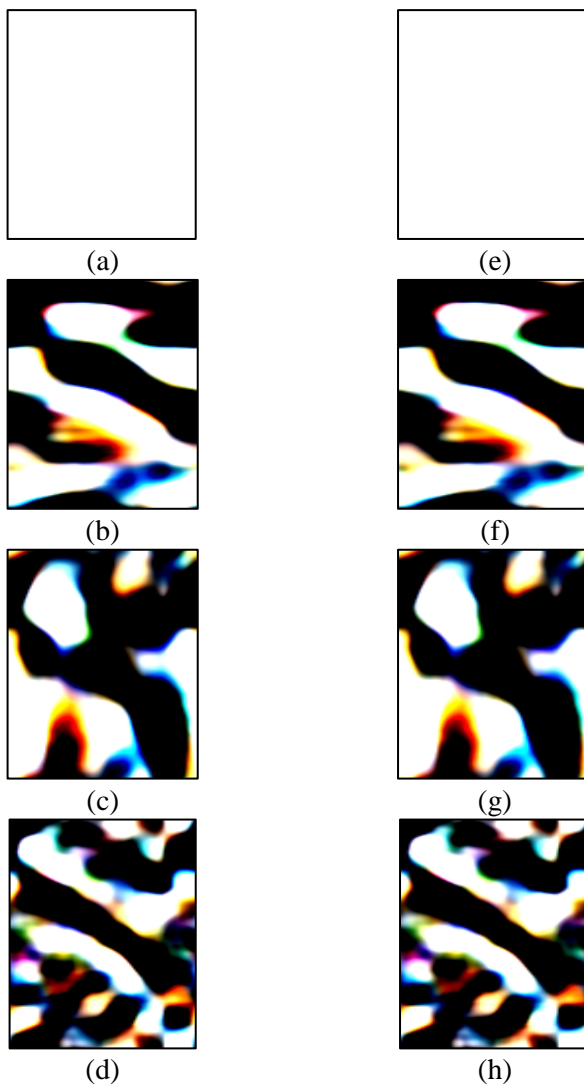
Gambar 3.8 Hasil Dekomposisi SWT Level 2 Sub-Citra
(a), (e) *Approximation A dan B.* (b), (f) *Horizontal A dan B.*
(c), (g) *Vertical A dan B.* (d), (h) *Diagonal A dan B.*



Gambar 3.9 Hasil Dekomposisi SWT Level 3 Sub-Citra
(a), (e) *Approximation* A dan B. (b), (f) *Horizontal* A dan B.
(c), (g) *Vertical* A dan B. (d), (h) *Diagonal* A dan B.



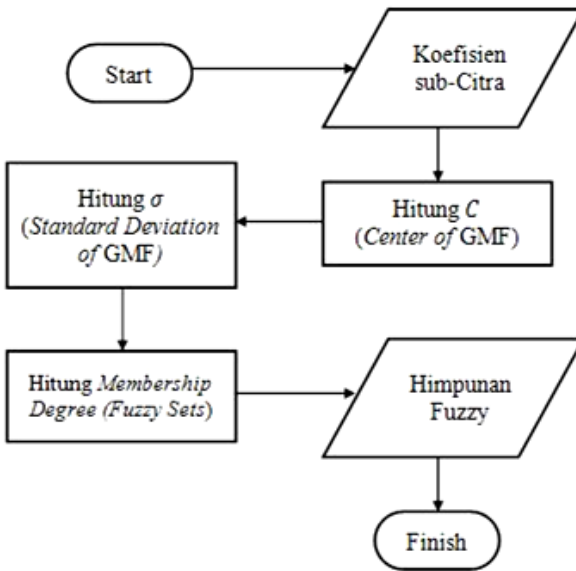
Gambar 3.10 Hasil Dekomposisi SWT Level 4 Sub-Citra
(a), (e) *Approximation A* dan B. (b), (f) *Horizontal A* dan B.
(c), (g) *Vertical A* dan B. (d), (h) *Diagonal A* dan B.



Gambar 3.11 Hasil Dekomposisi SWT Level 5 Sub-Citra (a), (e) *Approximation* A dan B. (b), (f) *Horizontal* A dan B. (c), (g) *Vertical* A dan B. (d), (h) *Diagonal* A dan B.

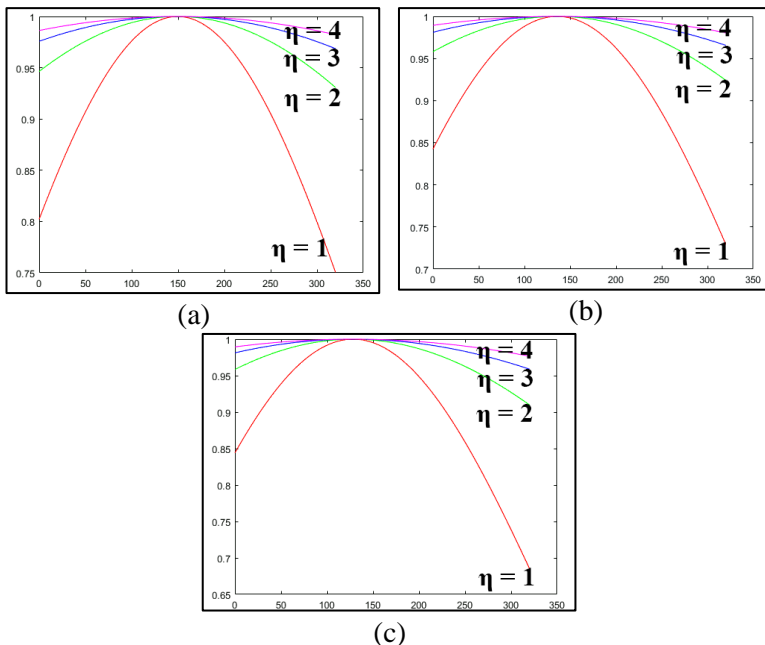
3.4.3 Gaussian Membership Function

Proses selanjutnya ialah *Gaussian Membership Function* (GMF) yaitu diagram alir proses ini ditunjukkan pada **Gambar 3.12**. Proses pertama adalah menghitung *Center of Gaussian Membership Function* menggunakan persamaan (2.11). Proses selanjutnya menghitung *Standard Deviation of Gaussian Membership Function* menggunakan persamaan (2.12). Proses terakhir adalah menghitung *Membership Degree* menggunakan persamaan (2.10).



Gambar 3.12 Diagram Alir Proses *Gaussian Membership Function*

Contoh ilustrasi dari *Membership Degree* diperoleh menggunakan persamaan (2.9) dan ditunjukkan pada **Gambar 3.13**.

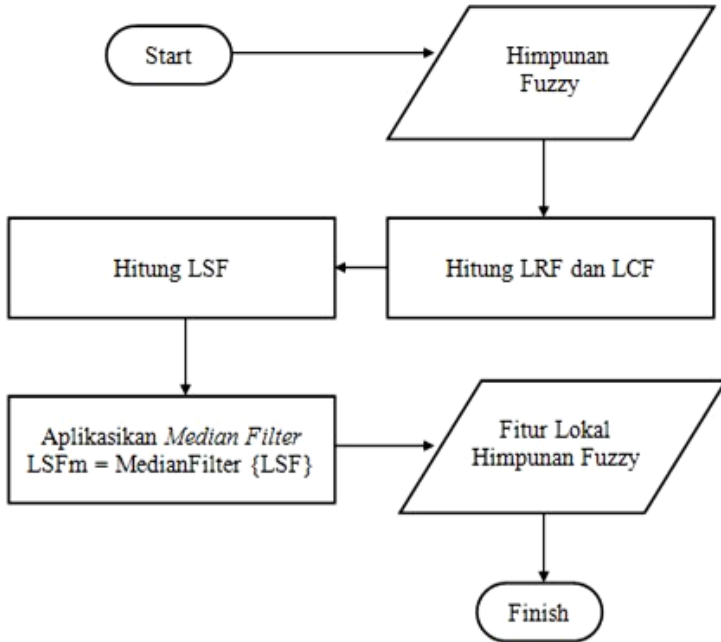


Gambar 3.13 *Membership Degree Sub-Citra Approximation*
 (a) *Channel Red.* (b) *Channel Green.* (c) *Channel Blue.*

3.4.4 *Local Spatial Frequency*

Tujuan proses dari *Local Spatial Frequency* (LSF) adalah untuk menghitung fitur lokal matriks keanggotaan menggunakan *Local Row Frequency* (LRF) dan *Local Column Frequency* (LCF). Diagram alir proses ini ditunjukkan pada **Gambar 3.14**.

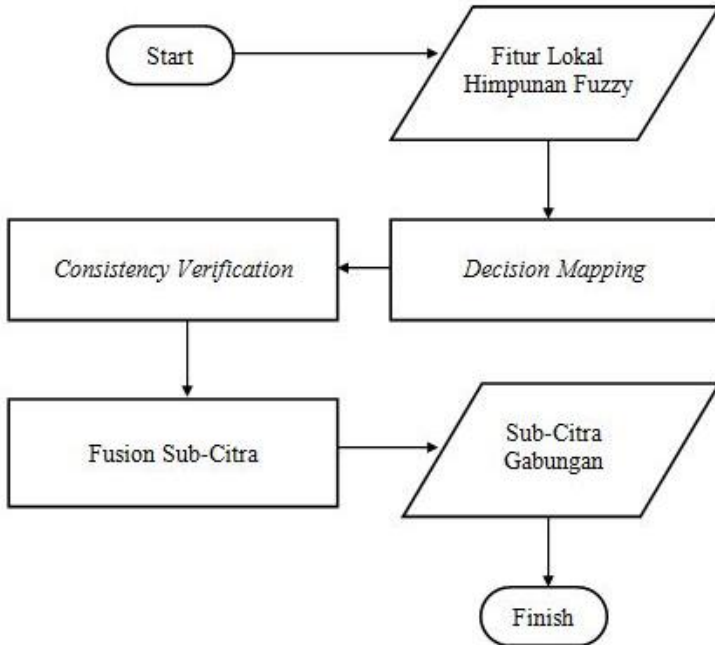
Proses pertama yaitu menghitung matriks keanggotaan LRF menggunakan persamaan (2.14) dan matriks keanggotaan LCF menggunakan persamaan (2.15). Kemudian menghitung nilai LSF menggunakan persamaan (2.13). Lalu, mengaplikasikan Median Filter menggunakan persamaan (2.16) untuk mengurangi *noise*.



Gambar 3.14 Diagram Alir Proses *Local Spatial Frequency*

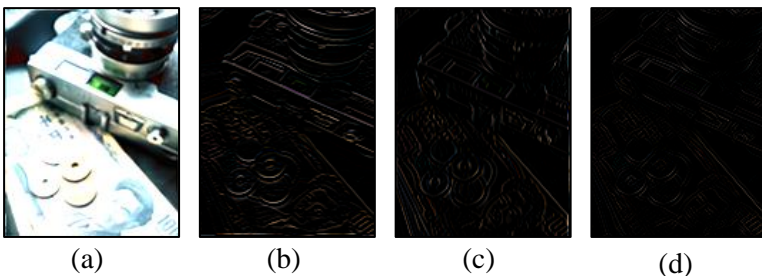
3.4.5 *Fusion Rule*

Proses *Fusion Rule* dilakukan dengan tujuan untuk menentukan koefisien dari sub-citra dengan menggunakan nilai dari LSFm. Diagram alir proses ini ditunjukkan pada **Gambar 3.15**. Proses pertama yang dilakukan adalah pembuatan *Decision Maps* dengan melakukan pemilihan nilai dari LSFm sub-citra sumber (2.17). Kemudian melakukan *consistency verification* menggunakan persamaan (2.18) dengan tujuan untuk memverifikasi apakah piksel yang telah dipilih dari tahap *decision mapping* sudah konsisten atau tidak. Kemudian dilakukan penggabungan sub-citra menggunakan persamaan (2.19).



Gambar 3.15 Diagram Alir Proses *Fusion Rule*

Contoh sub-citra gabungan dapat dilihat pada **Gambar 3.16**.

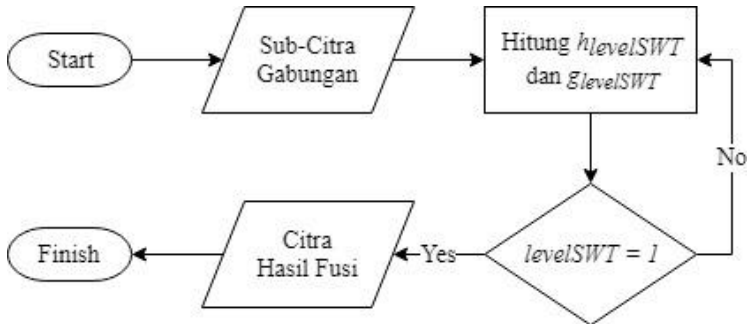


Gambar 3.16 Sub-Citra Gabungan

(a) *Approximation*. (b) *Horizontal*. (c) *Vertical*. (d) *Diagonal*.

3.4.6 Inverse Stationary Wavelet Transform

Proses terakhir ialah *Inverse Stationary Wavelet Transform* (ISWT) yang bertujuan untuk merekonstruksi ulang citra yaitu diagram alir ini ditunjukkan pada **Gambar 3.17**.



Gambar 3.17 Diagram Alir Proses *Inverse Stationary Wavelet Transform*

Proses dimulai dengan sub-citra gabungan dimasukkan pada *level* SWT yang telah ditentukan. g merupakan koefisien dari *high-pass filter* yang berisikan koefisien horizontal, vertical, dan diagonal. h merupakan koefisien dari *low-pass filter* yang berisikan koefisien aproksimasi. Pada setiap prosesnya *level* akan berkurang dan akan berhenti pada *level* SWT = 1 sehingga didapatkan citra hasil fusi. Contoh citra hasil fusi ditunjukkan pada **Gambar 3.4(c)**.

BAB IV IMPLEMENTASI

Pada bab ini diuraikan mengenai implementasi perangkat lunak dari rancangan metode yang telah dibahas pada Bab III meliputi kode program dalam perangkat lunak. Selain itu, implementasi dari tiap proses, parameter masukan, keluaran, dan beberapa keterangan yang berhubungan dengan program juga dijelaskan.

4.1 Lingkungan Implementasi

Objek citra yang akan diolah pada implementasi tugas akhir ini adalah beberapa pasang citra multi-fokus yang diambil dari penelitian Slavica Savic pada tahun 2011 dan beberapa tambahan dari penulis. Objek citra adalah gambar tipe *bitmap* (bmp) dan *joint photographic group* (jpg).

Dalam implementasi ini akan digunakan perangkat-perangkat sebagai berikut:

4.1.1 Perangkat Keras

Lingkungan implementasi pada tugas akhir ini adalah sebuah *personal computer* (PC). Perangkat PC yang digunakan adalah tipe desktop *mini tower* bertipe ASUS A450LD dengan sebuah layar monitor.

Spesifikasi dari PC yang digunakan pada tugas akhir ini adalah: memiliki prosesor Intel Core i7 – 4500U dengan kecepatan 2,4 GHz dan *Random Access Memory* (RAM) untuk proses menjalankan program sebesar 4,00 GB.

4.1.2 Perangkat Lunak

Lingkungan implementasi pada tugas akhir ini adalah sebuah *personal computer* (PC). Spesifikasi PC dari sisi perangkat lunak menggunakan *software* MATLAB R2017a dan beberapa *Library* yang terdapat didalamnya. Selain itu, pada

tugas akhir ini dalam melakukan pengolahan angka didukung dengan *software Microsoft Excel*.

4.2 Implementasi Tahap *Stationary Wavelet Transform*

Tahap *Stationary Wavelet Transform* pada tugas akhir ini terdiri dari tiga tahap. Pertama adalah input yang akan dimasukkan, kemudian melakukan *resize* citra, melakukan *stationary wavelet transform*. Penjelasan dari masing-masing tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

4.2.1 Implementasi Input

Tahap ini menjelaskan input yang akan dimasukkan harus sepasang citra multi-fokus. Implementasi input ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.1**. Pada baris 1 untuk mengatur level SWT yang akan diuji. Level SWT terdiri dari level 1, 2, 3, 4 dan 5. Pada baris 2 untuk mengatur ukuran Faktor Amplifikasi pada GMF, dimana ukurannya ialah 1, 2, 3 dan 4. Pada baris 3 dilakukan untuk menentukan windows size dari LSF, ukurannya ialah 1/10, 1/20 dan 1/30 dari ukuran citra sumber.

Apabila inputnya berupa citra RGB tapi ingin diubah menjadi citra *grayscale* maka akan dilakukan perubahan citra RGB menjadi citra *grayscale*. Implementasi perubahan input citra RGB menjadi input citra *grayscale* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.2**.

1	<code>levelSWT = 1;</code>
2	<code>AmplificationFactor = 1;</code>
3	<code>W = 10;</code>

Kode Sumber 4.1 Implementasi Input

1	<code>imgA = rgb2gray(imgA);</code>
2	<code>imgB = rgb2gray(imgB);</code>

Kode Sumber 4.2 Perubahan Input citra RGB menjadi citra *grayscale*

4.2.2 Implementasi *Resize Citra*

Resize citra dilakukan untuk memenuhi 2 pangkat level *Stationary Wavelet Transform*. Implementasi dari *resize* citra ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.3**. Fungsi untuk memenuhi 2 pangkat level *Stationary Wavelet Transform* pada baris 1 dan baris 2.

1	<code>M = floor(M / 2^levelSWT) * 2^levelSWT;</code>
2	<code>N = floor(N / 2^levelSWT) * 2^levelSWT;</code>

Kode Sumber 4.3 Implementasi *Resize Citra*

4.2.3 Implementasi *Stationary Wavelet Transform*

Stationary Wavelet Transform dilakukan dengan tujuan untuk mengekstrak beberapa fitur menggunakan salah satu *Library* yang terdapat pada MATLAB R2017a. Fiturnya terdiri dari *Aproksimasi*, *Horizontal*, *Vertical* dan *Diagonal*. Implementasi *Stationary Wavelet Transform* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.4**.

1	<code>[A1, H1, V1, D1] = swt2(imgA, levelSWT, 'sym2');</code>
2	<code>[A2, H2, V2, D2] = swt2(imgB, levelSWT, 'sym2');</code>

Kode Sumber 4.4 Implementasi *Stationary Wavelet Transform*

4.3 Implementasi *Gaussian Membership Function*

Gaussian Membership Function dilakukan untuk menghasilkan matriks keanggotaan yang berisi rangkaian himpunan fuzzy. Tahap dari *Gaussian Membership Function* pada tugas akhir ini terdiri dari tiga tahap. Pertama adalah *Center of Gaussian Membership Function*, kemudian *Standard Deviation of Gaussian Membership Function*, kemudian *Membership Degree of Gaussian Membership Function*. Penjelasan dari masing-masing tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

4.3.1 Implementasi *Center of Gaussian Membership Function*

Center of Gaussian Membership digunakan untuk mendapatkan nilai tengah dari *Gaussian Membership Function*. Implementasi dari *Center of Gaussian Membership Function* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.5**.

1	TotalCenter = TotalCenter + Image(i, j);
2	Center = TotalCenter / (M*N);

Kode Sumber 4.5 Implementasi *Center of Gaussian Membership Function*

4.3.2 Implementasi *Standard Deviation of Gaussian Membership Function*

Fungsi ini digunakan untuk mendapatkan *standard deviation* dari *Gaussian Membership Function*. Implementasi *Standard Deviation of Gaussian Membership Function* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.6**.

1	TotalStdDeviation = TotalStdDeviation + (Image(i, j) - Center)^2;
2	StdDeviation = sqrt(TotalStdDeviation / (M*N));

Kode Sumber 4.6 Implementasi *Standard Deviation of Gaussian Membership Function*

4.3.3 Implementasi *Membership Degree of Gaussian Membership Function*

Fungsi ini digunakan untuk mendapatkan *membership degree* dari *Gaussian Membership Function*. Implementasi *Membership Degree of Gaussian Membership Function* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.7**.

1	$GMF(i, j) = \exp(-((Image(i, j) - Center)^2) / ((2 * AmplificationFactor) * (StdDeviation^2)));$
---	---

Kode Sumber 4.7 Implementasi *Membership Degree of Gaussian Membership Function*

4.4 Implementasi *Local Spatial Frequency*

Local Spatial Frequency dilakukan dengan bertujuan untuk mengekstrak fitur *regional* dari sub-citra menjadi lebih mudah. Pada tugas akhir ini terdiri dari tiga tahap. Pertama adalah *Local Row Frequency* (LRF), *Local Column Frequency* (LCF) dan *Local Spatial Frequency*. Penjelasan dari masing-masing tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

4.4.1 Implementasi *Local Row Frequency* (LRF)

Local Row Frequency dilakukan dengan tujuan untuk menghitung matriks keanggotaan berdasarkan baris. Implementasi *Local Row Frequency* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.8**.

1	$TotalLRF = TotalLRF + ((GMF(a+i-1, b+j-1) - GMF(a+i-1, b+j-2))^2);$
2	$LRF(a, b) = \sqrt{TotalLRF / (M * N)};$

Kode Sumber 4.8 Implementasi *Local Row Frequency*

4.4.2 Implementasi *Local Coloumn Frequency* (LCF)

Local Column Frequency dilakukan dengan tujuan untuk menghitung matriks keanggotaan berdasarkan kolom. Implementasi *Local Column Frequency* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.9**.

1	$TotalLCF = TotalLCF + ((GMF(a+i-1, b+j-1) - GMF(a+i-2, b+j-1))^2);$
2	$LCF(a, b) = \sqrt{TotalLCF / (M * N)};$

Kode Sumber 4.9 Implementasi *Local Column Frequency*

4.4.3 Implementasi *Local Spatial Frequency* (LSF)

Local Spatial Frequency dilakukan dengan tujuan untuk menghitung fitur lokal matriks keanggotaan menggunakan *Local Row Frequency* dan *Local Column Frequency*. Implementasi *Local Spatial Frequency* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.10**. Untuk mengurangi *noise* maka akan dilakukan LSFm dengan mengaplikasikan *median filter*. Implementasi LSFm ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.11**.

1	$LSF = \text{sqrt}(LRF.^2 + LCF.^2);$
---	---------------------------------------

Kode Sumber 4.10 Implementasi *Local Spatial Frequency*

1	$LSFm = \text{medfilt2}(LSF, [W W]);$
---	---------------------------------------

Kode Sumber 4.11 Implementasi LSFm

4.5 Implementasi *Fusion Rule*

Tahap *Fusion Rule* pada tugas akhir ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan koefisien dari sub-citra dengan menggunakan nilai dari LSFm. Tahap ini terdiri dari tiga tahap. Pertama dilakukan *decision map*, kemudian *consistency verification*, kemudian *fused coefficient*.

Penjelasan dari masing-masing tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

4.5.1 Implementasi *Decision Map*

Proses *decision map* dilakukan untuk mengambil keputusan piksel mana yang akan diambil dari sub-citra yang akan dipilih nantinya. Implementasi perulangan penyusunan *tree* untuk setiap atribut ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.12**.

1	$\text{if } LSFmA(i, j) \geq LSFmB(i, j)$
2	$DM(i, j) = 1;$
3	Else
4	$DM(i, j) = 0;$

Kode Sumber 4.12 Implementasi *Decision Map*

4.5.2 Implementasi *Consistency Verification*

Proses ini dilakukan bertujuan untuk memverifikasi apakah piksel yang sudah dipilih dari tahap *decision map* sudah konsisten atau tidak. Implementasi *consistency verification* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.13**.

1	$DM_{cv}(a, b) = 1;$
2	$DM_{cv}(a, b) = 0;$

Kode Sumber 4.13 Implementasi *Consistency Verification*

4.5.3 Implementasi *Fused Coefficient*

Proses *fused coefficient* dilakukan untuk mengabungkan dua sub-citra. Implementasi *fused coefficient* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.14**.

1	$Fused(i, j) = (DM_{cv}(i, j) * ImageA(i, j)) + ((1 - DM_{cv}(i, j)) * ImageB(i, j));$
---	--

Kode Sumber 4.14 Implementasi *Fused Coefficient*

4.6 Implementasi *Inverse Stationary Wavelet Transform*

Citra akhir akan direkonstruksi menggunakan *Inverse Stationary Wavelet Transform* berdasarkan sub-citra gabungan menggunakan salah satu *Library* yang terdapat pada MATLAB R2017a. Implementasi *Inverse Stationary Wavelet Transform* ditunjukkan pada **Kode Sumber 4.15**.

1	<code>imgF = iswt2(Af, Hf, Vf, Df, 'sym2');</code>
---	--

Kode Sumber 4.15 Implementasi *Inverse Stationary Wavelet Transform*

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB V

UJI COBA DAN EVALUASI

Dalam bab ini dibahas mengenai hasil uji coba sistem yang telah dirancang dan dibuat. Uji coba dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dengan lingkungan uji coba yang telah ditentukan.

5.1 Lingkungan Uji Coba

Lingkungan uji coba pada tugas akhir ini adalah sebuah *personal computer* (PC). Spesifikasi PC dari sisi perangkat keras adalah memiliki prosesor Intel Core i7 – 4500U dengan kecepatan 2,40 GHz dan memori untuk proses sebesar 4,00 GB. PC yang digunakan memiliki sistem operasi Windows 10.

Pada sisi perangkat lunak, uji coba pada tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB R2017a. Dokumentasi hasil uji coba dilakukan dengan menggunakan *software* Microsoft Excel.

5.2 Data Uji Coba

Data uji coba yang digunakan sebagai masukan adalah citra multi-fokus yang ambil dari penelitian Slavica Savic pada tahun 2011 dan tambahan dari penulis. Data masukan berjumlah 20 pasang citra RGB dan 10 pasang citra *grayscale*. Contoh sepasang citra sumber RGB dan hasil citra keluaran aplikasi Fusi Citra Multi-Fokus yang merupakan hasil gabungan dari sepasang citra sumber ditunjukkan pada **Gambar 3.4**.

5.3 Skenario Uji Coba

Uji coba dilakukan untuk mengetahui nilai-Pnilai parameter yang tepat untuk digunakan pada masing-masing proses. Nilai parameter yang tepat penting untuk diketahui karena penggunaan parameter yang tepat akan memberikan hasil yang terbaik pada keluaran tiap proses.

Skenario pengujian terdiri dari tiga macam yaitu:

1. Uji coba penentuan parameter level *Stationary Wavelet Transform*.
 2. Uji coba penentuan nilai *Amplification Factor* pada *Gaussian Membership Function*.
 3. Uji coba ukuran *window* pada *Local Spatial Frequency*.
- Masing-masing skenario pengujian akan diuji dengan citra RGB dan citra *grayscale*.

5.4 Uji Coba Penentuan Parameter Level *Stationary Wavelet Transform*

Uji coba penentuan parameter pada level *Stationary Wavelet Transform* diperlukan untuk mendapatkan hasil ekstraksi fitur yang baik dan sesuai dengan kebutuhan. Hasil ekstraksi fitur yang baik akan memberikan hasil himpunan *fuzzy* yang baik pada proses selanjutnya.

Beberapa parameter yang terdapat pada *Stationary Wavelet Transform* adalah tingkat 1, 2, 3, 4 dan 5. Masing-masing parameter mempengaruhi hasil keluaran dari *Stationary Wavelet Transform* pada aspek yang berbeda-beda.

5.4.1 Uji Coba Penentuan Parameter Level *Stationary Wavelet Transform* pada Citra RGB

Uji coba penentuan parameter pada level *Stationary Wavelet Transform* (SWT) pada citra RGB diperlukan untuk mendapatkan hasil ekstraksi fitur yang baik dan sesuai dengan kebutuhan. Hasil ekstraksi fitur yang baik akan memberikan hasil himpunan *fuzzy* yang baik pada proses selanjutnya.

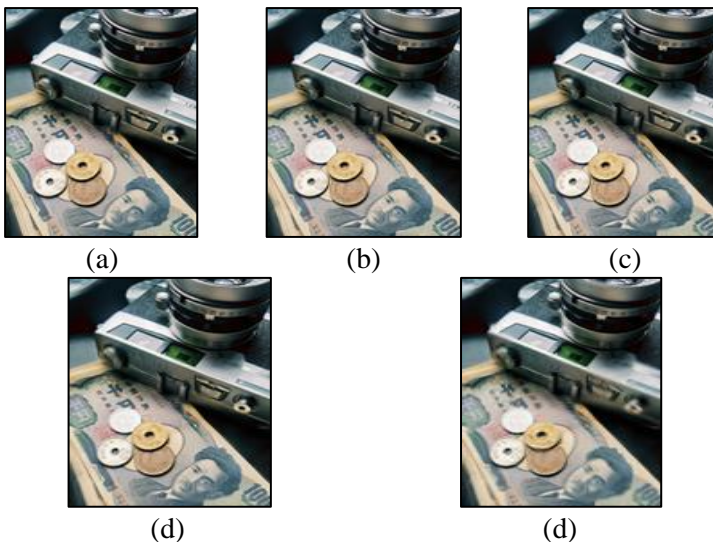
Level SWT yang akan digunakan dalam uji coba adalah tingkat 1, 2, 3, 4 dan 5. Tingkat tersebut akan diuji dengan nilai *Amplification Factor* pada GMF adalah 2 dan ukuran *Window* pada LSF adalah 1/20. Hasil uji coba ditunjukkan pada **Tabel 5.1**. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa level SWT yang

terbaik adalah level 1 dengan nilai RMSE ialah 0.1091 dan nilai MI ialah 9.2452 dengan *running time* ialah 3.78 detik.

Tabel 5.1 Hasil Uji Coba Penentuan Parameter *level Stationary Wavelet Transform* pada Citra RGB

Level SWT	RMSE	MI	Running Time (s)
1	0.1091	9.2452	3.78
2	0.1096	8.9116	4.08
3	0.1101	8.4259	4.02
4	0.1135	7.9871	3.92
5	0.1221	7.7571	3.32

Contoh citra hasil fusi RGB menggunakan dekomposisi SWT Level 1 sampai dengan 5 dapat dilihat pada **Gambar 5.1**.



Gambar 5.1 Citra Hasil Fusi RGB SWT
(a) Level 1. (b) Level 2. (c) Level 3. (d) Level 4. (e) Level 5.

5.4.2 Uji Coba Penentuan Parameter Level Stationary Wavelet Transform pada Citra *Grayscale*

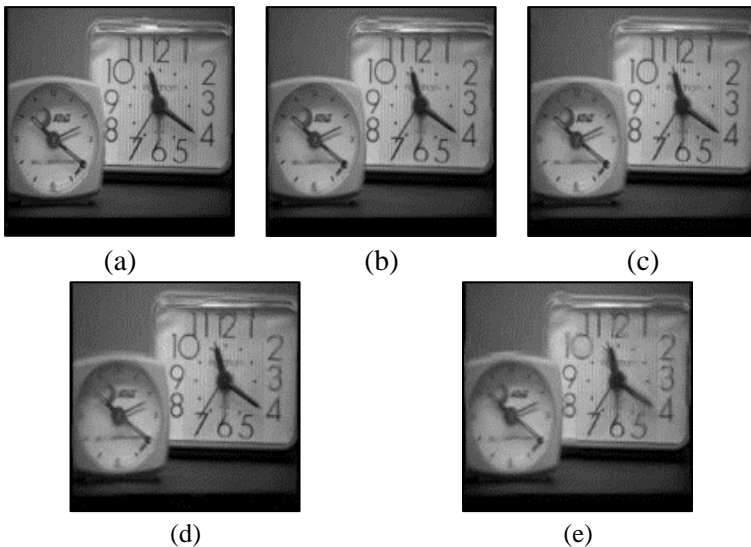
Uji coba penentuan parameter pada level *Stationary Wavelet Transform* pada citra *grayscale* diperlukan untuk mendapatkan hasil ekstraksi fitur yang baik dan sesuai dengan kebutuhan. Hasil ekstraksi fitur yang baik akan memberikan hasil himpunan *fuzzy* yang baik pada proses selanjutnya.

Level *Stationary Wavelet Transform* yang akan digunakan dalam uji coba adalah tingkat 1, 2, 3, 4 dan 5. Tingkat tersebut akan diuji dengan nilai *Amplification Factor* pada *Gaussian Membership Function* adalah 2 dan ukuran *Window* pada *Local Spatial Frequency* adalah 1/20. Hasil uji coba ditunjukkan pada **Tabel 5.2**. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa level *Stationary Wavelet Transform* yang terbaik adalah level 1, dengan nilai RMSE ialah 0.0996 dan nilai MI ialah 8.4609 dengan *running time* ialah 2.02 detik.

Tabel 5.2 Hasil Uji Coba Penentuan Parameter level Stationary Wavelet Transform pada Citra *Grayscale*

Level SWT	RMSE	MI	Running Time (s)
1	0.0996	8.4609	2.02
2	0.1001	8.1468	1.96
3	0.1015	7.6636	2.04
4	0.1037	7.2655	2.00
5	0.1075	6.9724	1.87

Contoh citra hasil fusi *grayscale* menggunakan dekomposisi SWT Level 1 sampai dengan 5 dapat dilihat pada **Gambar 5.2**.



Gambar 5.2 Citra Hasil Fusi Grayscale SWT
 (a) Level 1. (b) Level 2. (c) Level 3. (d) Level 4. (e) Level 5.

5.5 Uji Coba Penentuan nilai *Amplification Factor* pada *Gaussian Membership Function*

Uji coba penentuan nilai *Amplification Factor* pada *Gaussian Membership Function* (GMF) diperlukan untuk mendapatkan hasil himpunan *fuzzy* yang baik dan sesuai dengan kebutuhan. Himpunan *fuzzy* yang baik akan memberikan hasil fitur lokal yang baik pada proses selanjutnya. Beberapa parameter yang terdapat pada GMF adalah *Amplification Factor* 1, 2, 3 dan 4.

5.5.1 Uji Coba Penentuan nilai *Amplification Factor* pada *Gaussian Membership Function* pada Citra RGB

Uji coba penentuan nilai *Amplification Factor* pada GMF pada citra RGB diperlukan untuk mendapatkan hasil himpunan *fuzzy* yang baik dan sesuai dengan kebutuhan. Himpunan *fuzzy*

yang baik akan memberikan hasil fitur local yang baik pada proses selanjutnya.

Nilai *Amplification Factor* yang digunakan dalam uji coba adalah 1, 2, 3 dan 4. Nilai *Amplification Factor* tersebut akan diuji dengan hasil tingkat SWT terbaik yang sudah diuji pada uji coba penentuan Parameter level SWT yaitu tingkat 1, dan dengan ukuran *Window* pada LSF adalah 1/20.

Hasil uji coba ditunjukkan pada **Tabel 5.3**. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai *Amplification Factor* yang terbaik adalah 4, dengan nilai RMSE ialah 0.1091 dan nilai MI ialah 9.2625 dengan running time ialah 3.72 detik.

Tabel 5.3 Hasil Uji Coba Penentuan nilai *Amplification Factor* pada GMF (Citra RGB)

Amplification Factor	RMSE	MI	Running Time (s)
1	0.1091	9.1708	4.09
2	0.1091	9.2452	3.78
3	0.1091	9.2569	3.92
4	0.1091	9.2625	3.72

Contoh citra hasil fusi RGB menggunakan nilai *Amplification Factor* 1, 2, 3 dan 4 dapat dilihat pada **Gambar 5.3**.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5.3 Citra Hasil Fusi RGB *Amplification Factor*
(a) 1. (b) 2. (c) 3. (d) 4.

5.5.2 Uji Coba Penentuan nilai *Amplification Factor* pada *Gaussian Membership Function* pada Citra *Grayscale*

Uji coba penentuan nilai *Amplification Factor* pada GMF pada citra *grayscale* diperlukan untuk mendapatkan hasil himpunan fuzzy yang baik dan sesuai dengan kebutuhan. Himpunan fuzzy yang baik akan memberikan hasil fitur lokal yang baik pada proses selanjutnya.

Nilai *Amplification Factor* yang digunakan dalam uji coba adalah 1, 2, 3 dan 4. Nilai *Amplification Factor* tersebut akan diuji dengan hasil tingkat SWT terbaik yang sudah diuji pada uji coba penentuan Parameter level SWT adalah level 1, dan dengan ukuran *Window* pada LSF adalah 1/20.

Hasil uji coba ditunjukkan pada **Tabel 5.4**. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai *Amplification Factor* yang terbaik adalah 4, dengan nilai RMSE ialah 0.0996 dan nilai MI ialah 8.4949 dengan *running time* ialah 1.87 detik.

Tabel 5.4 Hasil Uji Coba Penentuan nilai *Amplification Factor* pada GMF (Citra *Grayscale*)

Amplification Factor	RMSE	MI	Running Time (s)
1	0.0996	8.3882	1.91
2	0.0996	8.4609	1.92
3	0.0996	8.4853	2.08
4	0.0996	8.4949	1.87

Contoh citra hasil fusi *Grayscale* menggunakan nilai *Amplification Factor* 1, 2, 3 dan 4 dapat dilihat pada **Gambar 5.4**.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5.4 Citra Hasil Fusi *Grayscale* *Amplification Factor* (a) 1. (b) 2. (c) 3. (d) 4.

5.6 Uji coba ukuran *window* pada *Local Spatial Frequency*

Uji coba ukuran *window* pada *Local Spatial Frequency* (LSF) diperlukan untuk mendapatkan hasil regional yang baik dan sesuai dengan kebutuhan. Hasil regional yang baik haruslah bernilai kecil dan akan memberikan hasil detail yang baik pada proses selanjutnya. Beberapa parameter ukuran *window* pada LSF adalah 1/10, 1/20 dan 1/30.

5.6.1 Uji Coba Ukuran *Window* pada *Local Spatial Frequency* pada Citra RGB

Uji coba ukuran *window* pada LSF pada citra RGB diperlukan untuk mendapatkan hasil regional yang baik dan sesuai dengan kebutuhan. Hasil regional yang baik haruslah bernilai kecil dan akan memberikan hasil detail yang baik pada proses selanjutnya.

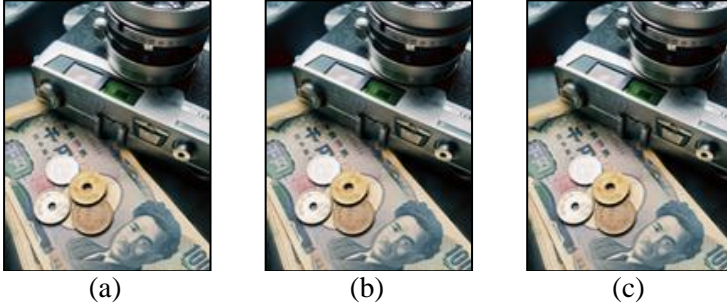
Ukuran *Window* yang digunakan dalam uji coba adalah 1/10, 1/20 dan 1/30. Ukuran *Window* tersebut akan diuji dengan hasil tingkat SWT terbaik yang sudah diuji pada uji coba penentuan Parameter level SWT yaitu 1, dan dengan nilai *Amplification Factor* terbaik yang sudah diuji pada uji coba penentuan nilai *Amplification Factor* pada GMF yaitu 4.

Hasil uji coba ditunjukkan pada **Tabel 5.5**. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa ukuran *Window* yang terbaik adalah 1/20, dengan nilai RMSE ialah 0.1091 dan nilai MI ialah 9.2625 dengan *running time* ialah 3.72 detik.

Tabel 5.5 Hasil Uji Coba Ukuran *Window* pada *Local Spatial Frequency* pada Citra RGB

Windows Size	RMSE	MI	Running Time (s)
1/10	0.1091	9.2251	8.41
1/20	0.1091	9.2625	3.72
1/30	0.1091	9.2571	2.87

Contoh citra hasil fusi RGB menggunakan ukuran *window* 1/10, 1/20, dan 1/30 dapat dilihat pada **Gambar 5.5**.



Gambar 5.5 Citra Hasil Fusi RGB Ukuran *Window*
(a) 1/10. (b) 1/20. (c) 1/30.

5.6.2 Uji Coba Ukuran *Window* pada *Local Spatial Frequency* pada Citra *Grayscale*

Uji coba ukuran *window* pada LSF pada citra *grayscale* diperlukan untuk mendapatkan hasil regional yang baik dan sesuai dengan kebutuhan. Hasil regional yang baik haruslah bernilai kecil dan akan memberikan hasil detail yang baik pada proses selanjutnya.

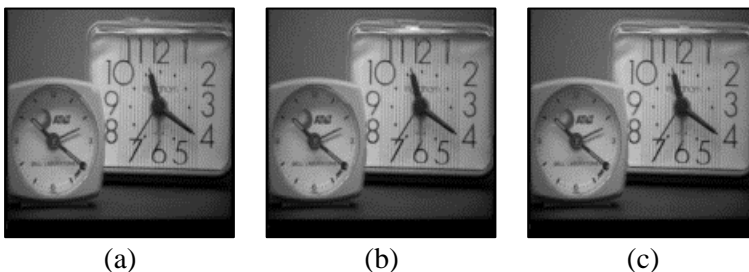
Ukuran *Window* yang digunakan dalam uji coba adalah 1/10, 1/20 dan 1/30. Ukuran *Window* tersebut akan diuji dengan hasil level SWT terbaik yang sudah diuji pada uji coba penentuan Parameter tingkatan SWT adalah level 1, dan dengan nilai *Amplification Factor* terbaik yang sudah diuji pada uji coba penentuan nilai *Amplification Factor* pada GMF yaitu 4.

Hasil uji coba ditunjukkan pada **Tabel 5.6**. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa ukuran *Window* yang terbaik adalah 1/20, dengan nilai RMSE ialah 0.0996 dan nilai MI ialah 8.4949 dengan *running time* ialah 1.87 detik.

Tabel 5.6 Hasil Uji Coba Ukuran Window pada Local Spatial Frequency pada Citra *Grayscale*

Windows Size	RMSE	MI	Running Time (s)
1/10	0.0996	8.5833	4.84
1/20	0.0996	8.4949	1.87
1/30	0.0996	8.4201	1.29

Contoh citra hasil fusi *grayscale* menggunakan ukuran *window* 1/10, 1/20, dan 1/30 dapat dilihat pada **Gambar 5.6**.



Gambar 5.6 Citra Hasil Fusi *Grayscale* Ukuran Window (a) 1/10. (b) 1/20. (c) 1/30.

5.7 Evaluasi

Pada sub bab ini akan dijelaskan hasil dari serangkaian uji coba yang dilakukan dan kendala yang dihadapi selama proses pengerjaan. Evaluasi yang dilakukan adalah pada tahap mendapatkan hasil ekstraksi fitur, yaitu pada penentuan parameter level *Stationary Wavelet Transform*. Evaluasi pada tahap menghasilkan himpunan *fuzzy* yaitu nilai *Amplification Factor* pada *Gaussian Membership Function*. Evaluasi pada tahap mendapatkan hasil fitur local yaitu ukuran *window* pada *Local Spatial Frequency*.

5.7.1 Evaluasi Uji Coba Parameter Level *Stationary Wavelet Transform*

Berdasarkan hasil uji coba parameter *level Stationary Wavelet Transform* (SWT) yang dapat dilihat pada **Tabel 5.1** dan **Tabel 5.2** bahwa parameter *level* mempengaruhi hasil *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mutual Information* (MI) dimana semakin kecil parameter *level* akan semakin baik hasil RMSE dan MI. Hal ini dikarenakan oleh semakin banyak dekomposisi SWT yang dilakukan terhadap sumber citra maka fitur sub-citra yang dihasilkan akan semakin kasar seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 3.7 - Gambar 3.11**. Sehingga dapat disimpulkan yaitu parameter level 1 adalah level yang menghasilkan RMSE dan MI terbaik.

5.7.2 Evaluasi Uji Coba nilai *Amplification Factor* pada *Gaussian Membership Function*

Berdasarkan hasil uji coba nilai *Amplification Factor* pada *Gaussian Membership Function* (GMF) dapat dilihat pada **Tabel 5.3** dan **Tabel 5.4** bahwa nilai ini tidak mempengaruhi hasil *Root Mean Square Error* (RMSE) akan tetapi mempengaruhi hasil *Mutual Information* (MI) dimana semakin besar nilai *Amplification Factor* maka akan semakin baik hasil MI yang diperoleh. Hal ini dikarenakan *Amplification Factor* mempengaruhi perhitungan pada *Standard Deviation* GMF yang merepresentasikan lebar GMF seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 3.13**. Sehingga dapat disimpulkan yaitu nilai *Amplification Factor* 4 adalah nilai yang menghasilkan MI terbaik.

5.7.3 Evaluasi Uji Coba ukuran *Window* pada *Local Spatial Frequency*

Berdasarkan hasil uji coba ukuran *Window* pada *Local Spatial Frequency* (LSF) dapat dilihat pada **Tabel 5.5** dan **Tabel 5.6** bahwa ukuran *Window* tidak mempengaruhi hasil *Root Mean*

Square Error (RMSE) akan tetapi mempengaruhi hasil *Mutual Information* (MI) dimana semakin besar ukuran *window* maka akan semakin baik hasil MI yang diperoleh. Ukuran *window* juga mempengaruhi *running time* dimana semakin besar ukuran *window* maka *running time* akan semakin lama. Oleh karena itu, meskipun hasil MI terbaik yang didapat dari ukuran *window* 1/10 namun memerlukan *running time* dua kali lipat dari ukuran *window* 1/20, maka ditetapkan bahwa ukuran *window* 1/20 merupakan ukuran *window* yang terbaik.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari hasil uji coba yang telah dilakukan sebagai jawaban dari rumusan masalah. Selain itu juga terdapat saran yang ditujukan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari uji coba dan evaluasi adalah sebagai berikut:

1. Metode *Stationary Wavelet Transform* (SWT) dan Himpunan Fuzzy berhasil digunakan untuk fusi citra multi-fokus dan mendapatkan hasil yang baik dengan rata-rata RMSE dan MI 0,1091 dan 9,2625 untuk citra RGB dan 0,0996 dan 8,4949 untuk citra *grayscale*.
2. Berdasarkan uji coba yang dilakukan, implementasi ekstraksi fitur *Stationary Wavelet Transform* (SWT) bisa mendapatkan hasil optimal pada level 1.
3. Berdasarkan uji coba yang dilakukan, nilai *Amplification Factor* yang optimal dalam mendapatkan himpunan fuzzy menggunakan *Gaussian Membership Function* (GMF) yaitu 4.
4. Berdasarkan uji coba yang dilakukan, ukuran *Window* yang optimal dalam mendapatkan fitur lokal himpunan fuzzy menggunakan *Local Spatial Frequency* (LSF) yaitu 1/20.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam pengujian metode fusi citra multi-fokus adalah sebagai berikut:










1. Perbaikan untuk memenuhi syarat ukuran citra pada *Stationary Wavelet Transform* (SWT) yaitu citra dapat dibagi dengan $2^{\text{level SWT}}$. Dengan cara melakukan pemotongan citra













sehingga nilai pixel pada citra sumber tidak berubah. Dikarenakan tidak ada fungsi pemotongan citra secara otomatis pada MATLAB R2017a.



2. Melakukan uji coba dengan masukan citra sumber lebih dari dua.

LAMPIRAN









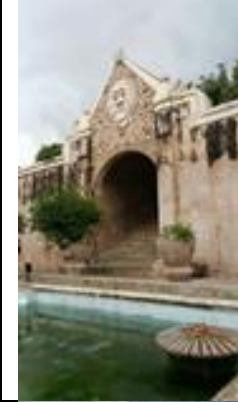
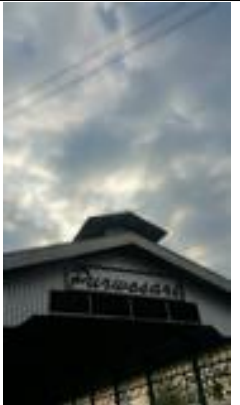

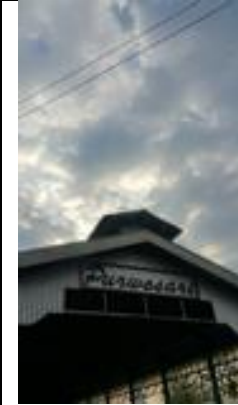
A. Hasil Citra Fusi dari Citra RGB dan Nilai RMSE & MI dari Hasil Parameter Terbaik yaitu $SWT\ Level = 1$, $Amplification\ Factor = 4$, dan $Ukuran\ Window = 1/20$.

Nama Citra - RMSE - MI	Citra A	Citra B	Hasil Fusi
Calendar1 0,1034 7,6239			
Calendar3 0.0742 7,8658			
Camera1 0,1143 9,3395			
Camera2 0,0741 6,737			

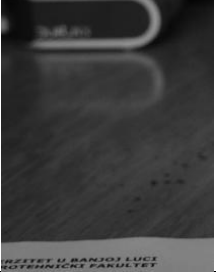
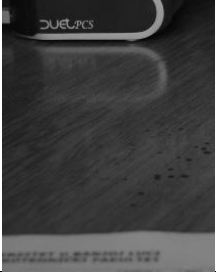
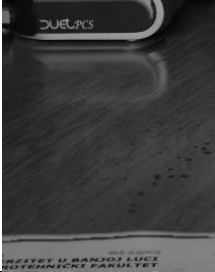









<p>Flower1 0,1143 9,6712</p>			
<p>Food1 0,096 9,4832</p>			
<p>Food2 0,1152 9,3813</p>			
<p>Food3 0,1172 9,7525</p>			
















<p>Food4 0,1152 9,0893</p>			
<p>Food5 0,1152 8,2258</p>			
<p>Food6 0,1067 9,6135</p>			
<p>Food7 0,1017 10,0701</p>			

<p>Food8 0,1044 12,616</p>			
<p>Food9 0,1331 8,4686</p>			
<p>Food10 0,1345 10,1128</p>			
<p>House3 0,0954 9,123</p>			

<p>Place1 0,1011 6,5553</p>			
<p>Place2 0,1001 10,5643</p>			
<p>Place3 0,1331 10,2748</p>			
<p>Place4 0,1331 10,6812</p>			

B. Hasil Citra Fusi dari Citra Grayscale

Nama Citra	Citra A	Citra B	Hasil Fusi
Camera3 0,0671 6,5254			
Door1 0,1192 11,484			
House1 0,1082 10,5774			
House2 0,1098 9,8463			

<p>Testna_slika2 0,1238 9,3807</p>			
<p>Testna_slika3 0,1124 8,4243</p>			
<p>Testna_slika4 0,1238 9,6011</p>			
<p>Testna_slika5 0,0581 5,9098</p>			
<p>Testna_slika6 0,0998 8,2457</p>			
<p>Text3 0,0738 4,9552</p>	<p>80 Mikrometre lab 3 Matic p... 81 Mikrometre lab 2 82 Laboratorija za fiziku 83 Lab. rač. informatiku 84 Anex kab 2 Galic 85 Anex kab 3 Korčić 86 Anex kab 4 Jokičić / Šavlj 87 Anex kab 5 Peda 88 Simiša I Čedo 89 Bionuša 90 Anex lab9 Knežević/Ivanović 91 Anex lab 10 Šajčić 92 Anex lab 11 Zdanica/Šajčić</p>	<p>80 Mikrometre lab 3 Matic p... 81 Mikrometre lab 2 82 Laboratorija za fiziku 83 Lab. rač. informatiku 84 Anex kab 2 Galic 85 Anex kab 3 Korčić 86 Anex kab 4 Jokičić / Šavlj 87 Anex kab 5 Peda 88 Simiša I Čedo 89 Bionuša 90 Anex lab9 Knežević/Ivanović 91 Anex lab 10 Šajčić 92 Anex lab 11 Zdanica/Šajčić</p>	<p>80 Mikrometre lab 3 Matic p... 81 Mikrometre lab 2 82 Laboratorija za fiziku 83 Lab. rač. informatiku 84 Anex kab 2 Galic 85 Anex kab 3 Korčić 86 Anex kab 4 Jokičić / Šavlj 87 Anex kab 5 Peda 88 Simiša I Čedo 89 Bionuša 90 Anex lab9 Knežević/Ivanović 91 Anex lab 10 Šajčić 92 Anex lab 11 Zdanica/Šajčić</p>

C. Hasil Uji Coba yang Data Masukan berupa Citra RGB (20 Citra)

1. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Calendar1

Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034	0.1034
MI	7.6376	7.4718	7.4396	7.692	7.6141	7.5289	7.6959	7.6187	7.5412	7.688	7.6239	7.5439	7.6239	7.5439	7.5439
Running Time (s)	9.69	3.91	3.22	10.87	3.71	3.13	8.36	4.06	3.13	10.79	3.58	3.06	3.58	3.06	3.06
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1047	0.1047	0.1047	0.1047	0.1047	0.1047	0.1047	0.1047	0.1047	0.1047	0.1047	0.1047	0.1047	0.1047	0.1047
MI	7.4008	7.0977	6.9411	7.4334	7.1888	7.0456	7.4475	7.2771	7.1188	7.4874	7.3182	7.1466	7.4874	7.3182	7.1466
Running Time (s)	8.19	3.85	3.26	8.16	3.85	3.81	8.34	4.15	3.67	7.71	3.64	3.04	7.71	3.64	3.04
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063
MI	6.7993	6.4218	6.304	6.8696	6.4914	6.4239	6.8505	6.5227	6.4376	6.832	6.4944	6.4269	6.832	6.4944	6.4269
Running Time (s)	8.12	3.86	3.33	8.34	3.73	3.37	8.65	3.92	3.68	7.35	3.53	2.91	7.35	3.53	2.91
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063	0.1063
MI	5.6916	5.5874	5.5108	5.707	5.6682	5.6186	5.7412	5.7044	5.6431	5.7371	5.6889	5.6309	5.7371	5.6889	5.6309
Running Time (s)	8.29	3.94	3.35	8.33	4.03	3.31	8.08	4.3	3.42	7.39	3.68	2.98	7.39	3.68	2.98
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115
MI	4.8102	4.828	4.8973	4.8854	4.8368	4.8856	4.9097	4.8615	4.8489	4.9207	4.8618	4.8444	4.9207	4.8618	4.8444
Running Time (s)	6.21	3.96	3.08	6.33	3.57	3.05	6.27	3.44	3.08	5.58	3.28	2.83	5.58	3.28	2.83

2. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Calendar3

Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0742	0.0742	0.0742	0.0742	0.0742	0.0742	0.0742	0.0742	0.0742	0.0742	0.0742	0.0742
MI	7.9244	7.8454	7.7336	7.9078	7.8618	7.7609	7.9008	7.868	7.768	7.9003	7.8658	7.7687
Running Time (s)	21.78	9.44	6.74	21.68	9.37	6.87	21.18	9.45	6.84	23.87	9.98	6.64
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0749	0.0749	0.0749	0.0749	0.0749	0.0749	0.0749	0.0749	0.0749	0.0749	0.0749	0.0749
MI	7.6689	7.5793	7.2935	7.8127	7.7734	7.5041	7.8004	7.7707	7.5298	7.7467	7.7317	7.5399
Running Time (s)	26.66	11.59	8.07	27.28	11.54	7.77	26.44	12.56	8.01	23.59	10.15	6.83
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0758	0.0758	0.0758	0.0758	0.0758	0.0758	0.0758	0.0758	0.0758	0.0758	0.0758	0.0758
MI	7.0611	6.7074	6.4686	7.13	6.7432	6.5739	7.0622	6.7267	6.5499	7.0424	6.7408	6.573
Running Time (s)	28.44	11.73	9.94	25.53	11.67	7.71	22.32	9.98	6.93	23.31	10.01	6.7
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789
MI	5.6625	5.5867	5.5417	5.6295	5.6215	5.5831	5.6007	5.6201	5.6088	5.5874	5.6273	5.6052
Running Time (s)	25.54	9.06	7.29	24.12	8.56	7.07	23.71	8.54	7.51	21.46	7.58	6.32
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789
MI	5.2587	5.1123	5.1123	5.224	5.1578	5.1372	5.2596	5.1701	5.1576	5.2758	5.1688	5.1607
Running Time (s)	24.11	9.75	7.19	24.15	8.56	7.22	24.68	8.89	6.86	21.64	7.65	6.44

3. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Camera1

Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143
MI	9,3539	9,3217	9,3086	9,3654	9,3274	9,3235	9,3666	9,3394	9,3262	9,3589	9,3395	9,3274	9,3589	9,3395	9,3274
Running Time (s)	4,82	2,91	2,23	4,79	2,83	2,29	4,76	2,78	2,3	5,97	2,91	2,41	5,97	2,91	2,41
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152
MI	9,0495	8,9592	8,9303	9,0763	9,0117	9,0098	9,0745	9,0226	9,0213	9,0644	9,0155	9,0255	9,0644	9,0155	9,0255
Running Time (s)	5,07	3,01	2,63	4,7	3,16	2,55	4,73	3,23	2,84	5,24	3,04	2,48	5,24	3,04	2,48
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152
MI	8,6788	8,6566	8,5724	8,6872	8,6679	8,5918	8,6778	8,6525	8,5709	8,6646	8,6415	8,5747	8,6646	8,6415	8,5747
Running Time (s)	5,02	3,08	2,8	4,86	2,93	2,52	5,02	3,34	2,67	5,25	3,03	2,51	5,25	3,03	2,51
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192
MI	8,1807	8,0278	7,9462	8,2085	8,0416	8,0061	8,2016	8,0531	8,027	8,1856	8,0491	8,0221	8,1856	8,0491	8,0221
Running Time (s)	4,71	2,83	2,46	4,86	2,88	2,42	5,01	2,92	2,68	4,98	3,02	2,43	4,98	3,02	2,43
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288
MI	7,4659	7,1685	7,0956	7,4198	7,2793	7,2504	7,4134	7,2832	7,2707	7,3985	7,2706	7,2515	7,3985	7,2706	7,2515
Running Time (s)	4,07	2,24	2,17	4,68	2,21	2,12	4,06	2,32	2,02	4,38	2,13	1,84	4,38	2,13	1,84

4. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Camera2

Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741
MI	6.9639	6.7266	6.6366	6.8937	6.7367	6.6639	6.8908	6.7324	6.6764	6.8922	6.737	6.683
Running Time (s)	26.46	15.86	7.52	27.26	11.34	7.73	26.22	12.32	8.55	24.32	9.93	6.88
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741
MI	5.8339	5.6473	5.4971	5.8631	5.7259	5.5809	5.8518	5.7258	5.5771	5.8457	5.7051	5.5761
Running Time (s)	27.66	13.53	8.14	26.6	12.04	8.16	27.1	13.01	9.13	23.88	10.42	7.01
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741	0.0741
MI	4.9611	4.8607	4.7354	4.9744	4.8899	4.7224	5.0039	4.8626	4.7222	5.016	4.8548	4.7196
Running Time (s)	31.78	13.36	8.59	29.52	15.46	8.31	27.73	12.5	8.68	23.99	10.39	7.01
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0752	0.0752	0.0752	0.0752	0.0752	0.0752	0.0752	0.0752	0.0752	0.0752	0.0752	0.0752
MI	4.5755	4.5304	4.5082	4.599	4.5488	4.5119	4.6057	4.5453	4.5238	4.6145	4.5403	4.5212
Running Time (s)	26.99	13.17	8.01	27.52	13.42	7.98	27.86	12.94	8.16	23.25	10.37	6.91
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789	0.0789
MI	4.5571	4.4996	4.4905	4.5463	4.546	4.5205	4.5347	4.559	4.5104	4.5262	4.5262	4.4937
Running Time (s)	23.93	9.11	8.01	24.18	10.92	8.94	24.5	9.91	7.88	20.21	7.53	6.23

5. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Flower1

Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143	0,1143
RMSE	9,6361	9,6642	9,659	9,6462	9,6742	9,674	9,6468	9,6729	9,6787	9,6512	9,6712	9,6733
MI	11,96	4,61	2,99	6,58	3,06	2,69	8,28	3,79	3,07	5,11	2,78	2,25
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152
RMSE	9,3679	9,3474	9,3288	9,3986	9,3663	9,3736	9,4019	9,3733	9,3814	9,3951	9,3882	9,3961
MI	5,27	2,9	2,48	5,08	2,95	2,41	5,19	3,07	2,54	5,17	2,91	2,41
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152
RMSE	8,8912	8,8223	8,8373	8,7571	8,7401	8,76	8,7438	8,7184	8,7357	8,7303	8,7073	8,7189
MI	5,41	3,13	2,45	5,08	2,96	2,48	5,09	3,09	2,47	5,19	2,92	2,43
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192
RMSE	8,3594	8,3725	8,3413	8,3121	8,315	8,3344	8,3117	8,3062	8,3267	8,2938	8,3106	8,3115
MI	4,94	2,92	2,47	4,89	3,16	2,43	4,87	2,9	2,5	4,94	2,82	2,38
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288
RMSE	8,2265	8,187	8,1796	8,1952	8,1954	8,1839	8,2052	8,1904	8,1821	8,2011	8,1914	8,188
MI	4,29	2,17	1,93	4,3	2,23	1,87	4,3	2,19	1,9	4,25	2,1	1,83
Running Time (s)												

6. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Food1

Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096
MI	9,2186	9,2453	9,2602	9,3195	9,4666	9,4666	9,3206	9,4788	9,5089	9,2993	9,4832	9,5116
Running Time (s)	10,5	4	3,29	10,77	4,1	3,35	10,13	4,15	3,41	10,55	3,99	3,27
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096
MI	9,0526	9,1499	9,1854	9,1269	9,2525	9,2658	9,1421	9,2688	9,2904	9,1456	9,2691	9,3031
Running Time (s)	10,54	4,95	3,67	11,06	4,27	3,62	10,3	4,3	3,54	10,62	4,25	3,25
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096
MI	9,0446	9,0123	8,9828	9,0864	9,0555	9,0304	9,085	9,0677	9,0576	9,0774	9,072	9,0602
Running Time (s)	10,4	4,32	3,71	10,38	4,32	3,68	11,64	4,39	3,78	10,8	4,23	3,61
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096
MI	8,7881	8,6062	8,5435	8,7751	8,5573	8,5354	8,7652	8,5612	8,5094	8,7381	8,5613	8,5028
Running Time (s)	10,61	4,41	3,75	10,65	4,37	3,64	10,44	4,38	3,67	10,85	4,42	3,64
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096
MI	8,3705	8,151	8,0837	8,3403	8,1588	8,1512	8,3485	8,1668	8,1927	8,3475	8,1878	8,1795
Running Time (s)	8,27	3,94	3,34	8,03	3,98	3,31	8,4	4,13	3,41	8,04	4,1	3,3

7. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Food2

Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152
MI	9,4147	9,4082	9,3938	9,4072	9,3908	9,3914	9,3966	9,3854	9,397	9,3898	9,3813	9,3971	9,3898	9,3813	9,3971
Running Time (s)	5,23	2,95	2,4	5,1	2,83	2,39	5,9	2,84	2,37	4,98	2,72	2,49	4,98	2,72	2,49
Decomposition Level															
Amplification Factor			2			3			4			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152
MI	9,261	9,2171	9,1986	9,2187	9,2354	9,2223	9,1858	9,2002	9,1961	9,1542	9,1889	9,1771	9,1542	9,1889	9,1771
Running Time (s)	5,37	3,06	2,58	5,22	3,46	2,56	5,29	3,24	2,83	5,03	2,91	2,36	5,03	2,91	2,36
Decomposition Level															
Amplification Factor			2			3			4			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152
MI	8,982	8,906	8,9271	8,9267	8,8736	8,8736	8,9142	8,8631	8,8816	8,9079	8,8615	8,8595	8,9079	8,8615	8,8595
Running Time (s)	5,32	3,11	2,61	5,28	3,03	2,65	5,32	3,05	2,55	5,38	3,09	2,48	5,38	3,09	2,48
Decomposition Level															
Amplification Factor			2			3			4			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192
MI	8,58	8,4269	8,3896	8,5116	8,4225	8,4161	8,4575	8,4041	8,3988	8,4463	8,4083	8,395	8,4463	8,4083	8,395
Running Time (s)	5,06	2,91	2,51	4,99	3,64	2,45	4,89	2,91	2,8	4,96	2,89	2,44	4,96	2,89	2,44
Decomposition Level															
Amplification Factor			2			3			4			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288
MI	7,7689	7,6464	7,6105	7,7383	7,6252	7,6279	7,6986	7,6277	7,608	7,6659	7,6275	7,615	7,6659	7,6275	7,615
Running Time (s)	4,39	2,17	2,15	4,43	2,2	2,19	4,37	2,21	1,87	4,26	2,08	1,82	4,26	2,08	1,82

8. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Food3

Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172
MI	9.6972	9.7304	9.7287	9.6985	9.7457	9.7429	9.6995	9.7407	9.7514	9.6768	9.7525	9.754
Running Time (s)	4.9	2.75	2.35	4.91	2.77	2.27	4.94	2.83	2.36	4.97	3.05	2.19
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172	0.1172
MI	9.1866	9.2296	9.2801	9.2983	9.4086	9.3997	9.3284	9.4366	9.4631	9.3686	9.4565	9.4913
Running Time (s)	5.09	3.02	2.5	5.12	2.87	2.52	5.14	3.2	2.49	5.29	2.02	2.47
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192
MI	9.2336	9.1376	9.0702	9.2027	9.0619	9.0419	9.1855	9.049	9.0407	9.1743	9.0495	9.0315
Running Time (s)	4.95	2.87	2.45	4.96	2.88	2.64	4.94	2.91	2.48	4.96	2.87	2.48
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192
MI	9.2336	9.1376	9.0702	9.2027	9.0619	9.0419	9.1855	9.049	9.0407	9.1743	9.0495	9.0315
Running Time (s)	4.95	2.87	2.45	4.96	2.88	2.64	4.94	2.91	2.48	4.96	2.87	2.48
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288
MI	8.237	8.1824	8.1371	8.2871	8.1907	8.1387	8.2852	8.2098	8.1572	8.2724	8.1949	8.1537
Running Time (s)	4.26	2.17	1.9	4.34	2.16	1.88	4.42	2.19	1.86	4.38	2.14	1.87

9. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Food4

Decomposition Level	1				2				3				4			
	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	
Amplification Factor	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	
Window Size	9,1023	9,0715	9,1018	9,0951	9,1	9,1384	9,0888	9,093	9,1331	9,078	9,0893	9,1305	9,0893	9,1305	9,1305	
RMSE	5,16	2,86	2,35	5,1	2,84	2,33	5,26	3	2,36	5,14	3,01	2,27	3,01	2,27	2,27	
MI																
Running Time (s)																
Decomposition Level	1				2				3				4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	
Window Size	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	
RMSE	8,7536	8,7923	8,8016	8,7435	8,7809	8,8119	8,7303	8,7584	8,7712	8,7245	8,7474	8,7487	8,7245	8,7474	8,7487	
MI																
Running Time (s)	5,25	3,03	2,53	5,57	3,02	2,55	5,28	3,17	2,61	5,39	2,95	2,58	5,39	2,95	2,58	
Decomposition Level	1				2				3				4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	
Window Size	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	
RMSE	8,5161	8,3835	8,3419	8,4433	8,3375	8,3074	8,4295	8,3349	8,2939	8,4235	8,3201	8,2915	8,4235	8,3201	8,2915	
MI																
Running Time (s)	5,29	3,15	2,67	5,3	3,07	2,58	5,27	3,11	2,63	5,44	3,26	2,52	5,44	3,26	2,52	
Decomposition Level	1				2				3				4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	
Window Size	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	
RMSE	7,9796	7,7896	7,7541	7,8325	7,759	7,69	7,7973	7,7147	7,6689	7,7876	7,7314	7,6637	7,7876	7,7314	7,6637	
MI																
Running Time (s)	5,01	2,95	2,54	4,97	3,04	2,44	5,08	2,85	2,67	5,08	2,9	2,52	5,08	2,9	2,52	
Decomposition Level	1				2				3				4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	
Window Size	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	
RMSE	7,7317	7,559	7,5525	7,7054	7,5712	7,5506	7,7156	7,5662	7,5691	7,7116	7,5776	7,5798	7,7116	7,5776	7,5798	
MI																
Running Time (s)	5,37	2,21	1,95	4,56	2,14	1,83	4,37	2,2	1,93	4,46	2,28	1,85	4,46	2,28	1,85	

10. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Food5

Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152
MI	8,2742	8,2982	8,2937	8,1968	8,2369	8,2546	8,1606	8,2265	8,2501	8,1506	8,2258	8,2486
Running Time (s)	5,13	2,81	2,4	5,09	2,88	2,64	5,12	2,96	2,43	5,74	2,78	2,27
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152
MI	7,917	7,8576	7,8785	7,7708	7,8297	7,8787	7,7393	7,8165	7,8583	7,7208	7,818	7,8537
Running Time (s)	5,41	3,13	2,67	5,23	3,06	2,56	5,51	3,01	2,58	5,28	3,09	2,49
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152	0,1152
MI	7,4066	7,2824	7,2823	7,2978	7,2188	7,2103	7,2425	7,1705	7,1695	7,2069	7,1548	7,1518
Running Time (s)	5,31	3,12	2,62	5,34	3,08	2,88	5,48	3,45	2,64	5,4	3,02	2,64
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192	0,1192
MI	6,4353	6,48	6,4464	6,3942	6,4103	6,4282	6,3788	6,3941	6,4066	6,3766	6,3851	6,401
Running Time (s)	5,08	2,95	2,43	5,05	2,93	2,53	5,09	2,89	2,43	5,01	3,28	2,61
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288
MI	6,571	6,5285	6,5013	6,5796	6,5593	6,5556	6,5999	6,5867	6,5771	6,6284	6,5974	6,5799
Running Time (s)	4,43	2,25	1,95	4,42	2,18	2,06	4,34	2,2	1,94	4,5	2,13	1,83

11. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Food6

Decomposition Level		1			2			3			4		
Amplification Factor													
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	
RMSE	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	
MI	9.2306	9.1397	9.1688	9.3428	9.4629	9.4964	9.3498	9.5857	9.5985	9.3399	9.6135	9.6381	
Running Time (s)	7.04	3.57	2.79	7.44	3.51	2.95	7.1	3.6	3.02	7.3	3.3	2.69	
Decomposition Level													
Amplification Factor													
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	
RMSE	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	0.1067	
MI	9.2351	9.201	9.2097	9.2088	9.3065	9.318	9.1964	9.3153	9.3368	9.1733	9.2992	9.3422	
Running Time (s)	7.29	3.84	3.15	7.07	3.77	3.39	7.31	4.59	3.46	7.54	3.27	2.96	
Decomposition Level													
Amplification Factor													
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	
RMSE	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	
MI	8.7643	8.7133	8.6942	8.8236	8.7374	8.7237	8.8318	8.7675	8.7505	8.8319	8.7907	8.7603	
Running Time (s)	7.39	4.67	3.41	7.2	4.17	3.47	7.46	4.57	3.47	7.33	3.63	2.91	
Decomposition Level													
Amplification Factor													
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	
RMSE	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	
MI	8.6072	8.5765	8.5485	8.5907	8.594	8.5569	8.6077	8.5952	8.5783	8.6162	8.6115	8.5976	
Running Time (s)	6.51	3.42	2.94	6.49	3.67	2.86	6.59	3.53	2.97	7.49	3.32	2.78	
Decomposition Level													
Amplification Factor													
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	
RMSE	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	
MI	8.3694	8.3413	8.3351	8.3751	8.361	8.3435	8.3715	8.3616	8.3612	8.36	8.3519	8.3579	
Running Time (s)	5.55	3.47	3.02	5.56	3.43	2.96	5.62	3.65	2.89	5.95	3.38	3.08	

12. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Food7

Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1017	0.1017	0.1017	0.1017	0.1017	0.1017	0.1017	0.1017	0.1017	0.1017	0.1017	0.1017
MI	10,0538	10,1189	10,153	10,0404	10,0938	10,1397	10,0192	10,0818	10,1206	9,9935	10,0701	10,1035
Running Time (s)	7,71	3,53	2,88	7,63	3,59	2,9	7,74	3,68	2,95	8,04	3,72	3,15
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024
MI	9,8616	9,7974	9,8348	9,8534	9,8291	9,8559	9,8118	9,8207	9,8422	9,7683	9,7987	9,8279
Running Time (s)	7,78	3,8	3,08	7,89	3,7	3,23	7,74	3,73	3,11	7,99	3,9	3,16
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024
MI	9,1277	9,1517	9,1452	9,1572	9,149	9,1557	9,1716	9,1526	9,1591	9,1651	9,1524	9,1656
Running Time (s)	7,9	3,82	3,14	7,72	3,77	3,12	7,8	3,87	3,17	8,17	3,82	3,19
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052
MI	8,7352	8,7578	8,7282	8,6822	8,7084	8,7074	8,6645	8,6944	8,7	8,6629	8,6882	8,6936
Running Time (s)	7,37	3,7	3,21	7,53	3,64	3,38	7,41	3,74	2,98	7,93	3,67	3,13
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115
MI	8,7153	8,6151	8,5938	8,735	8,6675	8,6508	8,7297	8,6712	8,6544	8,7283	8,6741	8,6513
Running Time (s)	5,84	3,61	3,08	5,72	3,49	3	5,61	3,47	2,98	5,79	3,38	3,06

13. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Food8

Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1044	0.1044	0.1044	0.1044	0.1044	0.1044	0.1044	0.1044	0.1044	0.1044	0.1044	0.1044
RMSE	12.5386	12.5706	12.6078	12.5162	12.6078	12.6651	12.5017	12.608	12.6713	12.4955	12.616	12.6642
MI	7.43	3.39	2.86	7.23	3.41	2.72	7.27	3.39	2.67	7.53	3.6	2.76
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052
RMSE	12.5527	12.3363	12.3497	12.3836	12.3849	12.3867	12.3804	12.395	12.3978	12.3794	12.3878	12.3978
MI	7.41	3.49	2.94	7.31	3.56	2.96	7.37	3.69	2.83	7.91	3.64	2.94
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052
RMSE	12.2114	12.2177	12.2125	12.2327	12.2139	12.2209	12.2467	12.2114	12.2114	12.2545	12.2216	12.2098
MI	7.47	3.71	2.9	7.4	4.59	3	7.38	3.52	3.01	7.94	3.73	2.97
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052
RMSE	12.0845	12.0237	12.015	12.1145	12.0591	12.0602	12.1298	12.0597	12.0542	12.1344	12.0607	12.0523
MI	7.51	3.68	3.16	7.47	3.84	3.08	7.53	3.9	3.26	7.96	3.74	2.02
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115
RMSE	11.8081	11.8161	11.8283	11.8029	11.79	11.8131	11.782	11.7848	11.8096	11.7807	11.7767	11.7902
MI	5.77	3.32	2.76	5.6	3.34	2.79	5.68	3.3	2.92	5.78	3.49	2.77
Running Time (s)												

14. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Food9

Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1331	0,1331	0,1331	0,1331	0,1331	0,1331	0,1331	0,1331	0,1331	0,1331	0,1331	0,1331
MI	8,411	8,4315	8,4544	8,3698	8,4777	8,5003	8,3151	8,4772	8,5011	8,2715	8,4686	8,4874
Running Time (s)	3,78	1,75	1,44	3,82	1,72	1,48	3,79	1,76	1,59	3,86	1,68	1,42
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345
MI	8,0574	8,0332	8,0571	8,0458	8,0523	8,0763	8,029	8,0659	8,0777	7,9759	8,0695	8,0577
Running Time (s)	3,4	1,83	1,61	3,22	1,86	1,56	3,21	1,75	1,55	3,25	1,86	1,59
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345	0,1345
MI	7,3787	7,3377	7,2769	7,343	7,3161	7,3188	7,3177	7,3164	7,3027	7,3065	7,3236	7,2952
Running Time (s)	3,18	1,89	1,7	3,27	1,86	1,66	3,24	1,89	1,62	3,28	1,95	1,65
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1411	0,1411	0,1411	0,1411	0,1411	0,1411	0,1411	0,1411	0,1411	0,1411	0,1411	0,1411
MI	6,8066	6,8283	6,8043	6,8292	6,8221	6,8102	6,8116	6,8232	6,7916	6,8074	6,812	6,8015
Running Time (s)	3,11	1,79	1,46	2,97	1,8	1,55	3,03	1,78	1,56	3,12	1,38	1,48
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1578	0,1578	0,1578	0,1578	0,1578	0,1578	0,1578	0,1578	0,1578	0,1578	0,1578	0,1578
MI	6,808	6,8339	6,818	6,7972	6,8219	6,797	6,8036	6,8109	6,8013	6,7952	6,8036	6,8017
Running Time (s)	2,44	1,42	1,32	2,4	1,49	1,29	2,46	1,49	1,24	2,17	1,44	1,29

15. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Food10

Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345
RMSE	9.9733	9.8741	9.8185	10.1476	10.0292	9.9742	10.2176	10.0935	10.0032	10.2335	10.1128	10.0278
MI	3.09	1.68	1.39	3.08	1.62	1.46	3.06	1.7	1.44	3.38	1.67	1.41
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345
RMSE	9.8113	9.7588	9.7594	9.9544	9.9	9.8615	10.0239	9.9462	9.915	10.0277	9.9793	9.9446
MI	3.22	1.83	1.61	3.16	1.82	1.58	3.22	1.92	1.56	3.21	1.85	1.54
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345
RMSE	9.676	9.4753	9.5363	9.5846	9.4791	9.5292	9.4919	9.4787	9.5287	9.4681	9.4781	9.5097
MI	3.45	1.85	1.58	3.21	1.88	1.69	3.29	1.82	1.68	3.2	1.9	1.57
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411
RMSE	9.4444	9.3723	9.347	9.4633	9.4239	9.3768	9.4542	9.417	9.3739	9.4428	9.4114	9.3622
MI	2.97	1.73	1.47	2.94	1.71	1.49	3	1.77	1.49	3.08	1.77	1.45
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578
RMSE	9.3542	9.3647	9.3656	9.2981	9.3095	9.3184	9.3205	9.2743	9.2826	9.3177	9.2918	9.2831
MI	2.49	1.41	1.32	2.48	1.38	1.29	2.44	1.47	1.28	2.57	1.61	1.3
Running Time (s)												

16. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : House3

Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0954	0,0954	0,0954	0,0954	0,0954	0,0954	0,0954	0,0954	0,0954	0,0954	0,0954	0,0954
MI	8,985	8,8627	8,8789	9,113	9,0537	9,0493	9,1223	9,0903	9,0995	9,1327	9,123	9,1226
Running Time (s)	10,51	4,81	3,37	10,64	4,91	3,44	10,57	5,11	3,31	10,97	5,02	3,49
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0958	0,0958	0,0958	0,0958	0,0958	0,0958	0,0958	0,0958	0,0958	0,0958	0,0958	0,0958
MI	8,8941	8,8956	8,8161	9,0317	9,0029	8,983	9,144	9,1411	9,1211	9,1502	9,2054	9,1635
Running Time (s)	10,85	5,3	3,49	10,69	5,1	3,59	10,67	5,19	3,49	10,83	5,16	3,54
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0968	0,0968	0,0968	0,0968	0,0968	0,0968	0,0968	0,0968	0,0968	0,0968	0,0968	0,0968
MI	8,9078	8,7383	8,6549	9,0519	8,8277	8,7349	9,0427	8,853	8,7674	9,0316	8,8335	8,742
Running Time (s)	10,42	4,23	3,49	10,44	4,17	3,38	10,45	4,37	3,39	10,67	4,41	3,52
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
MI	8,2355	8,1552	8,1321	8,2246	8,1392	8,0995	8,2188	8,1367	8,1124	8,2259	8,1563	8,126
Running Time (s)	8,45	4,02	3,27	7,96	3,75	3,22	7,95	3,84	3,14	8,06	4,28	3,21
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018	0,1018
MI	7,7618	7,697	7,6756	7,7088	7,6773	7,6616	7,7061	7,6662	7,6519	7,7032	7,6534	7,6412
Running Time (s)	8,09	4,02	3,29	8,01	3,93	3,32	8,09	4,07	3,35	8,2	3,91	3,28

17. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Place1

Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011
RMSE	6.441	6.4159	6.4393	6.4785	6.5064	6.5519	6.431	6.5445	6.5707	6.4208	6.5553	6.5778
MI	7.81	3.69	2.99	7.84	3.6	3.02	7.86	3.64	2.89	8.34	3.62	2.95
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011
RMSE	6.0613	5.9704	5.9672	6.2132	6.0107	5.9913	6.2658	6.0419	6.0141	6.2854	6.0502	6.0326
MI	8.11	3.87	3.24	8.42	4.01	3.24	8.39	3.94	3.26	8.09	3.88	3.24
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024	0.1024
RMSE	6.1522	5.8702	5.8729	6.2302	5.9384	5.8782	6.212	5.9426	5.889	6.1962	5.9563	5.8845
MI	8.09	3.93	3.2	7.96	3.72	3.18	7.97	3.78	3.2	8.12	3.83	3.18
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052	0.1052
RMSE	6.0265	5.8199	5.7719	6.0449	5.8324	5.7711	6.0309	5.82	5.7654	6.0392	5.8147	5.7668
MI	7.56	3.64	3.02	7.6	3.64	3.03	7.72	3.7	2.96	8.07	3.69	3.19
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115
RMSE	5.7702	5.7272	5.7216	5.8251	5.7347	5.7354	5.8579	5.7556	5.7297	5.8616	5.7621	5.7427
MI	5.73	3.37	2.79	5.79	3.3	2.74	5.53	3.29	2.81	6.31	3.51	2.87
Running Time (s)												

18. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Place2

Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001
MI	10.5666	10.4414	10.4399	10.5631	10.5823	10.5853	10.5109	10.5663	10.4983	10.5643	10.5874	10.5874
Running Time (s)	9.55	3.64	3.01	9.42	3.65	3.09	9.4	3.59	3.04	9.82	3.6	2.97
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001
MI	10.1391	10.0787	10.0257	10.1936	10.2521	10.2317	10.1937	10.2927	10.2646	10.2003	10.3268	10.2908
Running Time (s)	9.66	3.87	3.26	9.73	3.81	3.29	9.78	3.94	3.27	9.95	3.8	3.14
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011	0.1011
MI	9.8489	9.7945	9.8038	9.9454	9.9236	9.9279	9.951	9.953	9.9629	9.9666	9.9521	9.9718
Running Time (s)	8.18	3.87	3.28	8.06	3.88	3.39	7.99	4.28	3.42	8.19	3.77	3.15
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1046	0.1046	0.1046	0.1046	0.1046	0.1046	0.1046	0.1046	0.1046	0.1046	0.1046	0.1046
MI	9.7334	9.6696	9.6625	9.8274	9.7478	9.7298	9.8377	9.7791	9.7601	9.8582	9.8002	9.7695
Running Time (s)	7.53	3.97	3.07	7.56	3.66	3.1	7.5	3.7	3.02	7.68	3.59	2.94
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1176	0.1176	0.1176	0.1176	0.1176	0.1176	0.1176	0.1176	0.1176	0.1176	0.1176	0.1176
MI	9.8086	9.7622	9.7501	9.8524	9.8	9.7945	9.8452	9.8299	9.8083	9.8437	9.8401	9.8295
Running Time (s)	5.16	3.01	2.56	5.07	2.94	2.48	5.05	2.97	2.51	5.04	2.88	2.44

19. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Place3

Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331
RMSE	10.2954	10.0992	10.1051	10.2801	10.2494	10.2204	10.294	10.251	10.238	10.3126	10.2748	10.2415
MI	3.83	1.88	1.71	3.79	1.89	1.61	3.74	1.84	1.68	3.7	1.68	1.41
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345
RMSE	9.793	9.7305	9.676	9.8245	9.8025	9.7307	9.8297	9.8271	9.758	9.808	9.8098	9.7511
MI	3.18	1.97	1.66	3.16	1.93	1.68	3.06	1.91	1.61	3.15	1.76	1.57
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345
RMSE	9.3968	9.3819	9.4039	9.3258	9.3166	9.3377	9.3245	9.3088	9.337	9.3356	9.3242	9.3268
MI	3.26	1.91	1.64	3.25	1.85	1.62	3.29	1.84	1.7	3.17	1.86	1.52
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411
RMSE	9.1028	9.0833	9.0888	9.1554	9.11	9.105	9.2151	9.1376	9.1221	9.2167	9.1569	9.1374
MI	2.93	1.8	1.54	3.02	1.86	1.64	2.99	1.79	1.65	2.9	1.66	1.43
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578
RMSE	9.3947	9.3698	9.3585	9.4842	9.4054	9.3968	9.5049	9.416	9.4139	9.5081	9.4512	9.4316
MI	2.55	1.46	1.36	2.57	1.51	1.39	2.49	1.55	1.39	2.43	1.37	1.21
Running Time (s)												

20. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra RGB : Place4

Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331
MI	10.6904	10.6779	10.6234	10.722	10.6873	10.6536	10.7191	10.6839	10.6518	10.7181	10.6812	10.6553
Running Time (s)	3.56	1.85	1.57	3.62	1.87	1.54	3.68	1.93	1.59	3.65	1.64	1.38
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345
MI	10.2063	10.0816	10.0302	10.2548	10.1169	10.0347	10.2469	10.0994	10.0494	10.2156	10.0877	10.0206
Running Time (s)	3.2	1.98	1.7	3.12	1.9	1.77	3.17	1.92	1.69	3.13	1.75	1.5
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345	0.1345
MI	9.5672	9.54	9.5128	9.5932	9.5384	9.5349	9.5826	9.527	9.5272	9.5911	9.5308	9.5165
Running Time (s)	3.29	2.05	1.75	3.36	2.09	1.79	3.26	2	1.8	3.12	1.76	1.52
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411
MI	9.3536	9.3487	9.3508	9.3375	9.3259	9.3576	9.3264	9.3254	9.3393	9.3155	9.325	9.3349
Running Time (s)	3.07	1.83	1.51	2.97	1.81	1.6	2.98	1.83	1.62	2.86	1.69	1.42
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578	0.1578
MI	9.5088	9.4452	9.4191	9.499	9.4546	9.4349	9.4905	9.4549	9.4472	9.4874	9.4377	9.4407
Running Time (s)	2.39	1.55	1.32	2.46	1.5	1.3	2.46	1.54	1.29	2.38	1.37	1.21

D. Hasil Uji Coba yang Data Masukan berupa Citra Grayscale (10 Citra)

1. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra Grayscale : Camera3

Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671
MI	6.7858	6.5229	6.4417	6.7403	6.5196	6.4149	6.7351	6.5252	6.4125	6.7216	6.5254	6.4082	6.7216	6.5254	6.4082
Running Time (s)	10.17	3.67	2.43	10.26	3.72	2.56	10.37	4.39	2.39	10.45	3.93	2.41	10.45	3.93	2.41
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676
MI	6.1426	5.8304	5.6994	6.2807	5.9644	5.7708	6.3205	5.9844	5.7712	6.3223	5.999	5.7704	6.3223	5.999	5.7704
Running Time (s)	11.47	4.79	2.45	10.24	3.76	3.03	10.35	3.72	2.51	10.27	3.84	2.57	10.27	3.84	2.57
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681	0.0681
MI	5.0637	4.7587	4.6303	5.1532	4.8104	4.6339	5.1197	4.8249	4.6595	5.1288	4.8225	4.6711	5.1288	4.8225	4.6711
Running Time (s)	12.08	4.39	2.91	11.41	4.23	2.59	16.31	3.61	2.49	10.03	3.81	2.53	10.03	3.81	2.53
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692
MI	4.3008	4.3052	4.2461	4.2402	4.2537	4.1854	4.1645	4.1686	4.1559	4.1335	4.1516	4.1284	4.1335	4.1516	4.1284
Running Time (s)	11.05	4.60	2.87	11.31	4.13	2.73	11.26	3.82	2.64	10.02	3.59	2.51	10.02	3.59	2.51
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072
MI	4.128	4.1174	4.0569	4.1832	4.157	4.1004	4.1884	4.1719	4.1038	4.2092	4.1783	4.103	4.2092	4.1783	4.103
Running Time (s)	9.61	3.48	3.56	8.33	4.38	2.43	8.58	4.31	2.91	8.31	3.43	2.24	8.31	3.43	2.24

2. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra Grayscale : Door1

Decomposition Level															
Amplification Factor			2			1			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192
MI	11.2523	11.2039	11.2208	11.4012	11.4111	11.3751	11.449	11.4793	11.4454	11.463	11.484	11.4785	11.484	11.4785	11.4785
Running Time (s)	5.16	1.06	0.76	1.82	0.84	0.68	1.59	0.82	0.72	1.44	0.76	1.63	0.83	0.66	0.63
Decomposition Level															
Amplification Factor			2			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192
MI	10.898	10.9398	11.0747	11.1477	11.1941	11.2717	11.2018	11.212	11.3061	11.2466	11.2258	11.3117	11.2466	11.2258	11.3117
Running Time (s)	1.58	0.91	1.14	1.53	0.87	0.75	1.53	0.98	0.71	1.63	0.83	0.66	0.71	1.63	0.83
Decomposition Level															
Amplification Factor			2			3			4			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192
MI	10.476	10.6237	10.5793	10.4801	10.5492	10.5556	10.4637	10.5268	10.5268	10.4749	10.4906	10.5405	10.4749	10.4906	10.5405
Running Time (s)	1.82	0.95	0.77	1.66	1.15	0.82	1.65	0.91	0.77	1.63	0.94	0.81	0.77	1.63	0.94
Decomposition Level															
Amplification Factor			2			4			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192	0.1192
MI	1.6521	10.184	10.1773	10.1732	10.1453	10.1539	10.1712	10.1574	10.1431	10.1704	10.1283	10.1399	10.1704	10.1283	10.1399
Running Time (s)	10.16	0.92	0.73	1.66	0.97	0.78	1.88	1.01	0.77	1.6	0.88	0.69	1.6	0.88	0.69
Decomposition Level															
Amplification Factor			2			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288
MI	10.271	10.2139	10.2348	10.3203	10.2402	10.243	10.3248	10.2686	10.2546	10.3313	10.2939	10.2784	10.3313	10.2939	10.2784
Running Time (s)	1.45	0.72	0.57	1.67	0.71	0.59	1.41	0.72	0.51	1.35	0.63	0.53	1.35	0.63	0.53

3. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra Grayscale : House1

Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082
RMSE	10.4478	10.441	10.399	10.4947	10.5113	10.433	10.5249	10.5441	10.4556	10.5772	10.5774	10.489
MI	2.28	0.99	0.82	2.34	1.01	0.82	2.25	1.05	0.91	2.22	1	0.76
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082
RMSE	10.8134	10.7766	10.7713	10.9547	10.9325	10.8913	11.0872	11.0384	10.9891	11.1509	11.1492	11.048
MI	2.37	1.06	0.91	2.36	1.05	0.84	2.31	1.39	1.08	2.16	1.28	0.89
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082	0.1082
RMSE	11.0406	11.0436	11.0112	11.0334	10.9911	10.9661	11.0273	10.993	10.9303	11.0539	10.9923	10.9569
MI	2.31	1.11	0.87	2.37	1.04	0.86	2.34	1.08	0.97	2.14	1.08	0.87
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115
RMSE	10.8456	10.7693	10.7422	10.8606	10.7973	10.7711	10.8844	10.7863	10.7718	10.8613	10.7852	10.7517
MI	2.09	1.10	0.87	1.89	1.01	0.82	1.84	1.04	0.85	1.71	0.99	0.79
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115	0.1115
RMSE	10.7639	10.647	10.6532	10.8765	10.6876	10.6407	10.8724	10.7536	10.7034	10.8745	10.7717	10.737
MI	2.04	1.16	0.97	1.85	1.08	0.91	1.96	1.07	1.01	1.76	0.98	0.79
Running Time (s)												

4. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra Grayscale : House2

Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098
MI	9,6708	9,5796	9,5674	9,785	9,7364	9,7189	9,8522	9,8161	9,7751	9,9341	9,8463	9,8191
Running Time (s)	2,17	1,01	0,78	2,24	0,97	0,81	2,44	0,98	0,79	2,07	0,9	0,71
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098	0,1098
MI	9,6981	9,5862	9,5428	9,835	9,7226	9,6777	9,941	9,8007	9,7571	9,9953	9,8488	9,7822
Running Time (s)	1,96	0,91	0,71	2,47	1,11	0,84	2,17	1,03	0,81	2,06	0,93	0,81
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115
MI	9,6818	9,6699	9,6424	9,7521	9,725	9,7096	9,7972	9,7547	9,7469	1,7	9,7664	9,753
Running Time (s)	1,79	1,15	0,74	1,55	0,94	0,79	1,54	0,89	0,74	9,8014	0,92	0,8
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115
MI	9,6343	9,5621	9,542	9,6687	9,6335	9,6173	9,6709	9,6349	9,6169	9,652	9,635	9,6159
Running Time (s)	1,52	0,93	0,71	1,67	0,94	0,75	1,71	0,93	0,89	1,72	0,96	0,76
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115	0,1115
MI	9,4633	9,4259	9,3953	9,5141	9,4893	9,4673	9,5077	9,4957	9,4766	9,5055	9,4877	9,4754
Running Time (s)	1,66	0,98	0,77	1,65	0,89	0,82	1,56	0,92	0,82	1,75	1,02	0,81

5. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra Grayscale : Testna_slika2

Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238
MI	9.3769	9.1609	8.9749	9.5394	9.3116	9.0923	9.5895	9.3533	9.1323	9.606	9.3807	9.1495	9.3807	9.1495	9.1495
Running Time (s)	1.34	0.61	0.52	1.14	0.56	0.48	1.18	0.57	0.45	1.36	0.59	0.48	1.36	0.59	0.48
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248
MI	9.1821	8.8687	8.5816	9.5524	9.0659	8.793	9.3719	9.0986	8.852	9.3895	9.1106	8.8553	9.3895	9.1106	8.8553
Running Time (s)	1.22	0.53	0.51	1.12	0.57	0.47	1.14	0.56	0.47	1.38	0.61	0.51	1.38	0.61	0.51
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288
MI	8.8207	8.7267	8.5436	9.0839	8.9448	8.6673	9.1229	8.9863	8.766	9.1278	8.9875	8.757	9.1278	8.9875	8.757
Running Time (s)	0.92	0.57	0.51	0.94	0.52	0.46	0.89	0.52	0.46	1.07	0.56	0.48	1.07	0.56	0.48
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333
MI	8.5024	8.38	8.2014	8.5957	8.5119	8.3518	8.6445	8.513	8.3983	8.6474	8.5251	8.403	8.6474	8.5251	8.403
Running Time (s)	0.94	0.55	0.47	0.94	0.54	0.52	0.83	0.51	0.48	1.02	0.57	0.51	1.02	0.57	0.51
Decomposition Level															
Amplification Factor			1			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441
MI	8.0515	7.9816	7.9324	8.0616	7.9954	7.9593	8.0538	8.0324	8.0084	8.0445	8.0436	8.0139	8.0445	8.0436	8.0139
Running Time (s)	0.79	0.53	0.45	0.83	0.51	0.46	0.82	0.49	0.47	0.89	0.58	0.44	0.89	0.58	0.44

6. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra Grayscale : Testna_slika3

Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1124	0,1124	0,1124	0,1124	0,1124	0,1124	0,1124	0,1124	0,1124	0,1124	0,1124	0,1124
MI	8,5078	8,3665	8,2905	8,5467	8,3866	8,3334	8,5755	8,4094	8,358	8,606	8,4243	8,3604
Running Time (s)	1,66	0,95	0,74	1,73	0,91	0,76	1,94	0,94	0,77	1,71	0,92	0,71
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1141	0,1141	0,1141	0,1141	0,1141	0,1141	0,1141	0,1141	0,1141	0,1141	0,1141	0,1141
MI	8,3251	8,0814	8,0117	8,4762	8,2428	8,1073	8,5541	8,3226	8,1794	8,59	8,3278	8,1746
Running Time (s)	1,71	0,95	0,73	1,75	0,95	0,76	1,67	0,93	0,74	1,75	0,91	0,72
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1174	0,1174	0,1174	0,1174	0,1174	0,1174	0,1174	0,1174	0,1174	0,1174	0,1174	0,1174
MI	7,5443	7,3334	7,3295	7,6309	7,5334	7,5268	7,6478	7,5816	7,5684	7,6609	7,5847	7,5847
Running Time (s)	1,68	0,92	0,76	1,69	0,87	0,73	1,64	0,93	0,74	1,53	0,87	0,677
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247
MI	7,2892	7,0915	6,9926	7,271	7,1636	7,0602	7,258	7,1864	7,11	7,2524	7,1687	7,111
Running Time (s)	1,42	0,7	0,59	1,54	0,65	0,58	1,51	0,67	0,57	1,39	0,62	0,52
Decomposition Level												
Amplification Factor			2				3				4	
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247	0,1247
MI	6,9615	6,8561	6,8617	6,966	6,8847	6,8964	6,9028	6,889	6,909	6,919	6,872	6,917
Running Time (s)	2,37	0,81	0,66	1,93	0,69	0,59	1,45	0,82	0,75	1,39	0,65	0,55

7. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra Grayscale : Testna_slika4

Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238	0.1238
RMSE	9.6141	9.559	9.4985	9.5798	9.533	9.5715	9.6657	9.5417	9.5684	9.6011	9.5445	9.5445
MI	1.87	0.62	0.51	1.44	0.62	0.5	1.51	0.61	0.53	1.37	0.57	0.47
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248	0.1248
RMSE	9.2094	9.0804	9.0727	9.3016	9.1415	9.1826	9.3373	9.1473	9.2036	9.347	9.1579	9.2208
MI	1.54	0.61	0.57	1.39	0.69	0.55	1.5	0.7	0.51	1.38	0.6	0.49
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288
RMSE	8.844	8.7063	8.6617	8.876	8.7788	8.7051	8.865	8.8061	8.7219	8.8722	8.7937	8.7282
MI	1.52	0.68	0.52	1.11	0.62	0.53	1.2	0.76	0.54	1.09	0.56	0.51
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333	0.1333
RMSE	8.5806	8.5058	8.4303	8.6213	8.5793	8.5736	8.6174	8.5909	8.5879	8.6081	8.6003	8.5841
MI	1.12	0.65	0.5	1.05	0.6	0.56	1.11	0.61	0.58	1.04	0.56	0.46
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441	0.1441
RMSE	8.252	8.189	8.2262	8.2281	8.1698	8.2184	8.2731	8.216	8.1552	8.2822	8.2021	8.1704
MI	0.94	0.55	0.49	0.94	0.52	0.45	0.94	0.56	0.45	0.95	0.49	0.45
Running Time (s)												

8. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra Grayscale : Testna_slika5

Decomposition Level															
Amplification Factor			2			1			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0581	0,0581	0,0581	0,0581	0,0581	0,0581	0,0581	0,0581	0,0581	0,0581	0,0581	0,0581	0,0581	0,0581	0,0581
MI	5,983	5,9476	5,9137	5,9675	5,9277	5,8917	5,9575	5,915	5,8767	5,9531	5,9098	5,8695	5,9276	5,8891	5,8493
Running Time (s)	18,74	6,31	4,28	18,71	7,24	4	18,82	7,1	4,51	17,82	5,89	3,96	17,82	5,89	3,96
Decomposition Level															
Amplification Factor			2			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586
MI	5,1858	4,8279	4,3828	4,6485	4,3766	4,2204	4,5321	4,3111	4,1163	4,4953	4,2565	4,0374	4,3111	4,1163	4,4953
Running Time (s)	19,24	6,33	4,33	19,17	6,37	4,25	19,17	6,22	4,74	17,77	5,94	4,03	17,77	5,94	4,03
Decomposition Level															
Amplification Factor			2			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586	0,0586
MI	3,7035	3,2723	2,9221	3,6705	3,2162	2,8793	3,6341	3,0959	2,8265	3,631	3,0491	2,7925	3,631	3,0491	2,7925
Running Time (s)	18,53	6,34	5,26	19,19	6,96	4,24	19,74	6,37	4,31	18,28	6,06	3,99	18,28	6,06	3,99
Decomposition Level															
Amplification Factor			2			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596
MI	2,6517	2,3035	2,1084	2,6322	2,2561	2,1234	2,5907	2,2657	2,1247	2,5705	2,2736	2,1299	2,5705	2,2736	2,1299
Running Time (s)	18,08	6,3	3,97	18,06	7,03	4,14	19,4	6	4,17	17,74	5,8	3,92	17,74	5,8	3,92
Decomposition Level															
Amplification Factor			2			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596	0,0596
MI	1,931	1,8268	1,7994	1,8687	1,8161	1,8003	1,8574	1,8275	1,8171	1,8648	1,8362	1,8191	1,8648	1,8362	1,8191
Running Time (s)	19,41	7,46	4,6	18,28	6,32	4,55	19,52	6,43	4,22	17,81	5,96	3,91	17,81	5,96	3,91

9. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra Grayscale : Testna_slika6

Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998
RMSE	8,3631	8,1563	8,1496	8,4076	8,2563	8,1975	8,4109	8,2505	8,1896	8,4193	8,2457	8,1795
MI	2,68	1,14	0,92	2,67	1,19	0,92	2,73	1,2	0,95	2,46	1,11	0,87
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998
RMSE	8,0599	7,9081	7,9232	8,2841	8,0758	8,0088	8,318	8,0925	8,0268	8,3455	8,1068	8,0454
MI	2,72	1,45	1,01	2,57	1,23	1,02	2,52	1,25	0,94	2,51	1,1	0,88
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998
RMSE	7,89	7,5845	7,5374	7,8742	7,5892	7,5607	7,8344	7,5912	7,5764	7,8338	7,5918	7,5685
MI	2,61	1,29	1,14	2,75	1,22	0,99	2,78	1,28	1,02	2,56	1,14	0,96
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998
RMSE	7,3835	7,1978	7,1454	7,3657	7,2448	7,2122	7,3661	7,2525	7,2079	7,3598	7,2587	7,2125
MI	2,84	1,26	1,04	2,74	1,21	0,96	2,58	1,26	1,07	2,87	1,11	0,92
Running Time (s)												
Decomposition Level												
1			2			3			4			
Amplification Factor	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
Window Size	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998	0,0998
RMSE	7,0268	6,985	6,9228	7,1349	7,0278	6,9645	7,152	7,0641	6,9956	7,1744	7,0847	7,0162
MI	2,65	1,32	1,04	2,81	1,28	1,15	2,77	1,3	1,06	2,53	1,21	0,94
Running Time (s)												

10. Hasil Uji Coba dengan Data Masukan berupa Citra Grayscale : Text3

Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0738	0,0738	0,0738	0,0738	0,0738	0,0738	0,0738	0,0738	0,0738	0,0738	0,0738	0,0738
MI	4,9814	4,9446	4,907	4,9812	4,9507	4,9053	4,986	4,9547	4,9047	4,9838	4,9552	4,9019
Running Time (s)	6,78	2,73	1,91	6,66	3,18	1,83	6,31	3,11	1,91	7,45	3,02	1,95
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741
MI	4,7512	4,688	4,6517	4,7833	4,753	4,6808	4,7947	4,7657	4,6849	4,7973	4,7636	4,6821
Running Time (s)	6,26	2,83	1,92	6,53	3,03	2,11	6,64	2,94	2,14	7,33	3,07	2,05
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741	0,0741
MI	4,4825	4,4838	4,4158	4,5003	4,4977	4,4421	4,4997	4,4924	4,4476	4,4974	4,4928	4,4553
Running Time (s)	6,89	3,01	1,98	7,57	2,87	2,02	6,69	2,88	2,04	7,65	3,13	2,04
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0752	0,0752	0,0752	0,0752	0,0752	0,0752	0,0752	0,0752	0,0752	0,0752	0,0752	0,0752
MI	4,2083	4,0485	3,8973	4,243	4,0715	3,9064	4,2814	4,088	3,9323	4,2911	4,1011	3,9373
Running Time (s)	6,16	2,76	1,99	6,56	2,94	1,95	6,54	2,96	2,03	7,19	2,99	2,01
Decomposition Level												
Amplification Factor			2			3			4			
Window Size	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30	1/10	1/20	1/30
RMSE	0,0789	0,0789	0,0789	0,0789	0,0789	0,0789	0,0789	0,0789	0,0789	0,0789	0,0789	0,0789
MI	3,324	3,2224	3,1805	3,3412	3,2558	3,2407	3,3563	3,2567	3,2376	3,3651	3,2568	3,2378
Running Time (s)	5,89	2,18	1,82	6,01	2,31	2,03	5,85	2,48	1,74	6,48	2,44	1,85

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Q. Jiang, X. Jin, S.-J. Lee and S. Yao, "A Novel Multi-Focus Image Fusion Method Based on Stationary Wavelet Transform and Local Features of Fuzzy Sets," *IEEE Access*, pp. 20286-20302, 2017.
- [2] Y. Yang, M. Ding, S. Huang, Y. Que, W. Wan, M. Yang and J. Sun, "Multi-Focus Image Fusion via Clustering PCA Based Joint Dictionary Learning," *IEEE Access*, pp. 16985-16997, 2017.
- [3] X. Bai, M. Liu, Z. Chen, P. Wang and Y. Zhang, "Multi-Focus Image Fusion Through Gradient-Based Decision Map Construction and Mathematical Morphology," *IEEE Access*, pp. 4749-4760, 2016.
- [4] Y. Yong, S. Tong, S. Huang, P. Lin and Y. Fang, "A Hybrid Method for Multi-Focus Image Fusion Based on Fast Discrete Curvelet Transform," *IEEE Access*, pp. 14898-14913, 2017.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BIODATA PENULIS



Ghaly Aditya, lahir di Padang pada tanggal 23 April 1999. Penulis merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara pasangan Bapak Tamsil dan Ibu Yossi Karina. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dari SD Adhiyaksha Jambi (2004 – 2008), SD Negeri 8 Bengkulu (2008 – 2010), SMP Negeri 1 Bengkulu (2010 – 2012), SMA Negeri 2 Bengkulu (2012 – 2014) dan S1 Informatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2014 – 2018). Bidang studi yang diambil oleh penulis saat berkuliah di Informatika ITS adalah Komputasi Cerdas dan Visi (KCV). Selama masa kuliah, penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu menjadi staff di bidang pengembangan sumber daya manusia di Departemen Kaderisasi dan Pemetaan HMTTC (2015 – 2016), staff di Departemen Internal UKM ITS Billiard (2015 – 2016), staff di Badan Koordinasi Pemandu BEM FTIf (2015 – 2016), staff di Badan Koordinasi Pemandu BEM ITS (2015 – 2016). Penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan kepanitiaan yaitu menjadi Wakil Koordinator 2 REEVA Schematics 2015, Wakil Koordinator Public Relation & Sponsorship FTIf Festival 2016. Komunikasi dengan penulis dapat melalui email: **ghalyaditya2304@gmail.com**