



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISA PERBANDINGAN WATERMARKING IMAGE  
MENGUNAKAN DISCRETE WAVELET TRANSFORM**

**TUGAS AKHIR**

**ARIF RAKHMAN HAKIM  
0906603272**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISA PERBANDINGAN WATERMARKING IMAGE  
MENGUNAKAN DISCRETE WAVELET TRANSFORM**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana**

**ARIF RAKHMAN HAKIM  
0906603272**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
EKSTENSI TEKNIK ELEKTRO  
DEPOK  
JUNI 2012**

ii

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Arif Rakhman Hakim

NPM : 0906603272

Tanda Tangan : 


Tanggal : 21 Juni 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Arif Rakhman Hakim  
NPM : 0906603272  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisa Perbandingan *Watermarking Image*  
menggunakan *Discrete Wavelet Transform*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan, M.Eng (  )

Penguji I : Dr. Ir. Arman D Diponogoro (  )

Penguji II : Dr. Muhammad Suryanegara (  )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 21 Juni 2012

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Yang Maha Kuasa, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisa Perbandingan *Watermarking Image* menggunakan *Discrete Wavelet Transform*”. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh kelulusan untuk mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Indonesia pada jenjang pendidikan tingkat Sarjana.

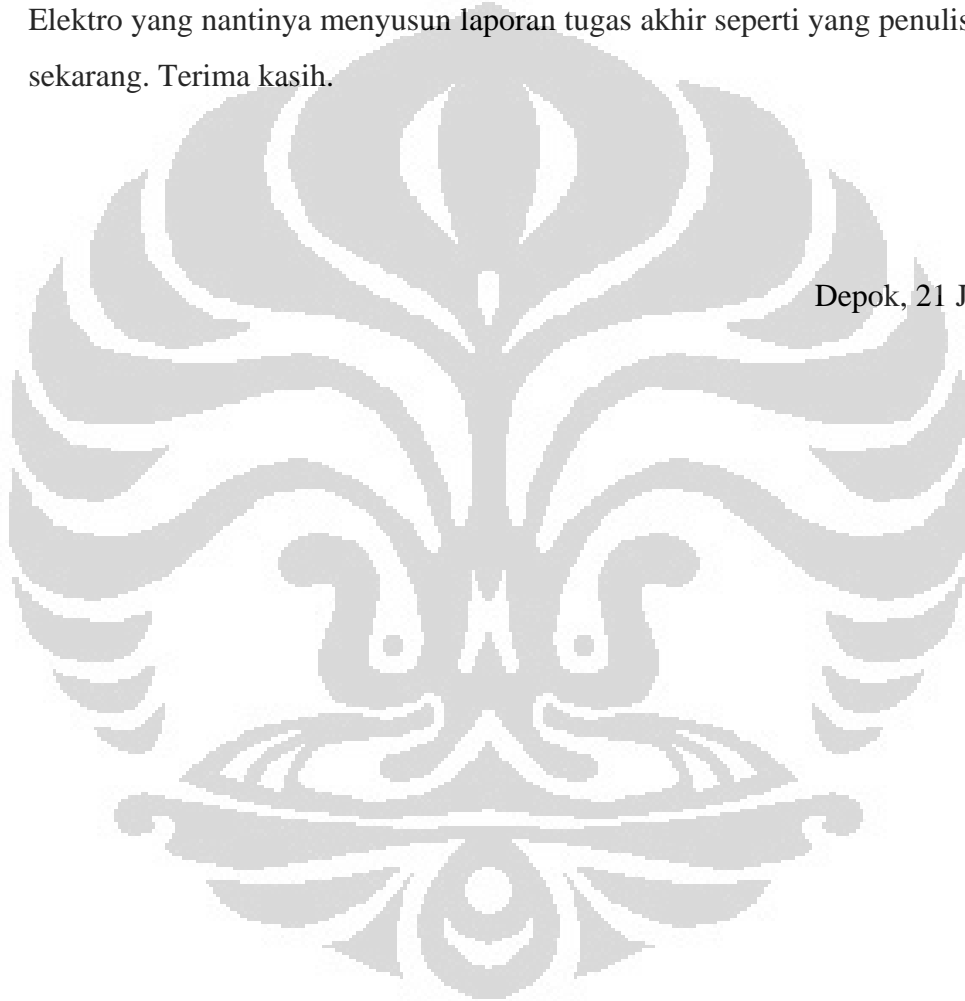
Dalam proses pembuatan laporan tugas akhir ini, penulis banyak mendapat dukungan serta bantuan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini tepat pada waktunya. Penulis mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Papa, mama yang telah mendidik dan membesarkan saya dengan penuh pengorbanan dan kasih sayang serta seluruh keluarga yang saya sayangi yang telah memberi dukungan baik moral dan materiil dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan, M.Eng, selaku pembimbing tugas akhir yang banyak memberikan arahan dalam mengerjakan tugas akhir ini.
3. Bapak Filbert, selaku dosen elektro yang telah memberikan awal pengarahan dalam mengerjakan tugas akhir.
4. Rangga GP, selaku partner saya dalam pembuatan tugas akhir ini.
5. Wisnu Ajeng Rakhmaningtyas yang selalu memberikan dukungan dan motivasi serta bantuan dari awal hingga selesai dalam pembuatan tugas akhir ini.
6. Segenap staf, dosen, karyawan di Fakultas Teknik, yang telah memberikan dukungannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Keluarga besar Teknik Elektro 2009, yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, atas segala sumbangsih, perhatian dan dukungannya.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis sangat mengharapkan saran yang membangun dari semua pihak.

Demikianlah laporan tugas akhir yang penulis buat ini, penulis berharap mudah-mudahan laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, dan dapat menjadi referensi bagi rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik jurusan Teknik Elektro yang nantinya menyusun laporan tugas akhir seperti yang penulis lakukan sekarang. Terima kasih.

Depok, 21 Juni 2012



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arif Rakhman Hakim  
NPM : 0906603272  
Program Studi : Ekstensi Teknik Elektro  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Analisa Perbandingan *Watermarking Image* Menggunakan *Discrete Wavelet Transform*

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 21 Juni 2012

Yang menyatakan



( Arif Rakhman Hakim )

## ABSTRAK

Nama : Arif Rakhman Hakim  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Analisa Perbandingan *Watermarking Image* Menggunakan *Discrete Wavelet Transform*

*Watermarking* merupakan teknik penyisipan data atau informasi yang bersifat rahasia ke dalam media data digital lainnya. *Watermarking* pada citra digital dibutuhkan sebagai perlindungan terhadap kepemilikan citra digital. Tujuan penelitian ini adalah merancang simulasi algoritma *watermarking* dengan menggunakan transformasi *wavelet* diskrit dari beberapa *mother wavelet* seperti diskrit meyer, daubechies, symlet, dan haar. Hasil pengujian penyisipan citra *watermark* dengan beberapa dimensi yang berbeda, citra *watermark* dengan dimensi 64 x 64 piksel memiliki hasil yang paling baik. Proses *watermarking* dengan dekomposisi yang paling baik pada percobaan ini terjadi pada dekomposisi satu level. Pengujian penyisipan *watermark* dengan sub-band LL,LH,HL, dan HH, didapat bahwa penyisipan pada sub-band LL memiliki nilai PSNR yang paling baik. Citra asli yang telah disisipkan dengan citra *watermark* juga di uji secara subjektif. Hasil dari citra yang ter*watermark* tidak dapat dideteksi secara langsung oleh koresponden karena perubahan citra ter*watermark* tidak jauh berbeda dengan citra asli. Pengujian citra ter*watermark* terhadap *robustness* dengan “*salt & pepper*” terjadi penurunan kualitas citra yang sangat tinggi. Pengujian citra ter*watermark* terhadap *robustness* dengan AWGN, tidak banyak mempengaruhi kualitas citra ter*watermark*. Nilai *power noise* dari AWGN yang diujikan dari 10-40 db, dengan nilai maksimum *power noise* dari AWGN adalah 40 db. Dari hasil percobaan beberapa jenis keluarga *wavelet* yang paling baik adalah diskrit meyer.

Kata kunci : *watermarking, discrete wavelet transform*



## ABSTRACT

Name : Arif Rakhman Hakim  
Program of Study : Electrical Engineering  
Title : Comparison Analysis of Watermarking Image Using  
Discrete Wavelet Transform

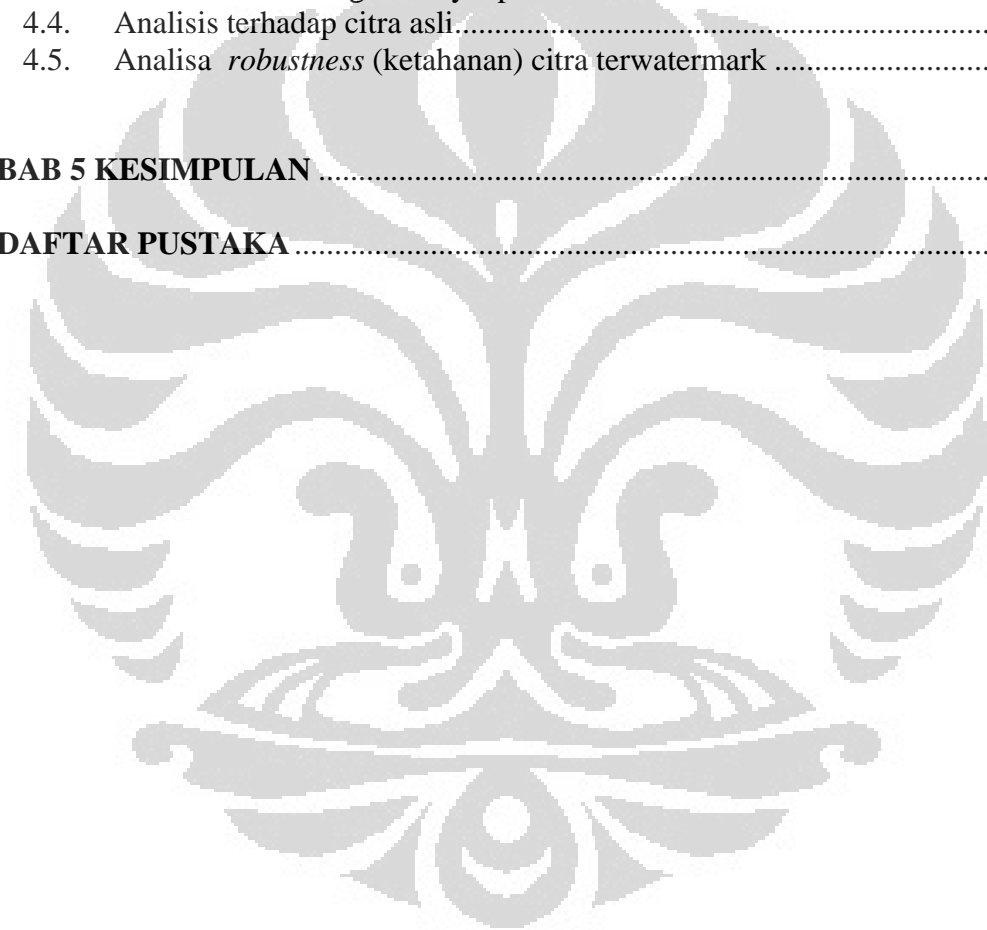
Watermarking is a technique of embedding the data or information that is confidential to the other digital data media. Digital image watermarking is needed as a protection against the ownership of digital images. The purpose of this study is to design a simulated watermarking algorithm using discrete wavelet transform of a mother wavelet such as discrete meyer, daubechies, symlet, and haar. Test results with the embedding a watermark image several different dimensions, watermark image with dimensions of 64 x 64 pixels have the best result. The best decomposition process of watermarking in this study occurred at a single level of decomposition. Watermark embedding testing with sub-bands LL, LH, HL, and HH, found that the embedding in sub-band LL has the best PSNR values. The original image has been embedded with a watermark image was tested subjectively. The results of the watermarked image can not be detected directly by the correspondents because the change of watermarked image is not much different from the original image. The robustness of watermarking image with "salt and pepper" shows decrease in quality greatly. However, the test by adding the AWGN showed that the robustness did not affect the quality of watermarked image. The experimental result by varying *power noise*, ranged from 10 db to 40 db, with a maximum *power noise* of AWGN is 40 db. From the experimental results, the discrete meyer is the best type among the wavelet family.

Key words : watermarking, discrete wavelet transform

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Ruang Lingkup.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB 2 WATERMARKING</b> .....	6
2.1. <i>Watermarking</i> .....	6
2.1.1. Sejarah <i>watermarking</i> .....	6
2.1.2. Pengertian <i>Watermarking</i> .....	6
2.1.3. Jenis-jenis <i>watermarking</i> .....	7
2.1.4. Type <i>watermark</i> .....	8
2.1.5. Kriteria <i>watermarking</i> .....	8
2.1.6. Klasifikasi <i>watermarking</i> .....	10
2.1.7. Aplikasi <i>watermarking</i> .....	11
2.1.8. <i>Digital image watermarking</i> .....	13
2.2. Citra digital.....	14
2.3. Transformasi citra.....	17
2.3.1. Domain dalam transformasi sinyal.....	17
2.3.3. <i>Wavelet</i> .....	21
2.3.4. Transformasi <i>wavelet (wavelete transform)</i> .....	21
2.3.5. <i>Discrete wavelet transform (DWT)</i> .....	24
2.4. MATLAB.....	29
<b>BAB 3 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI</b> .....	31

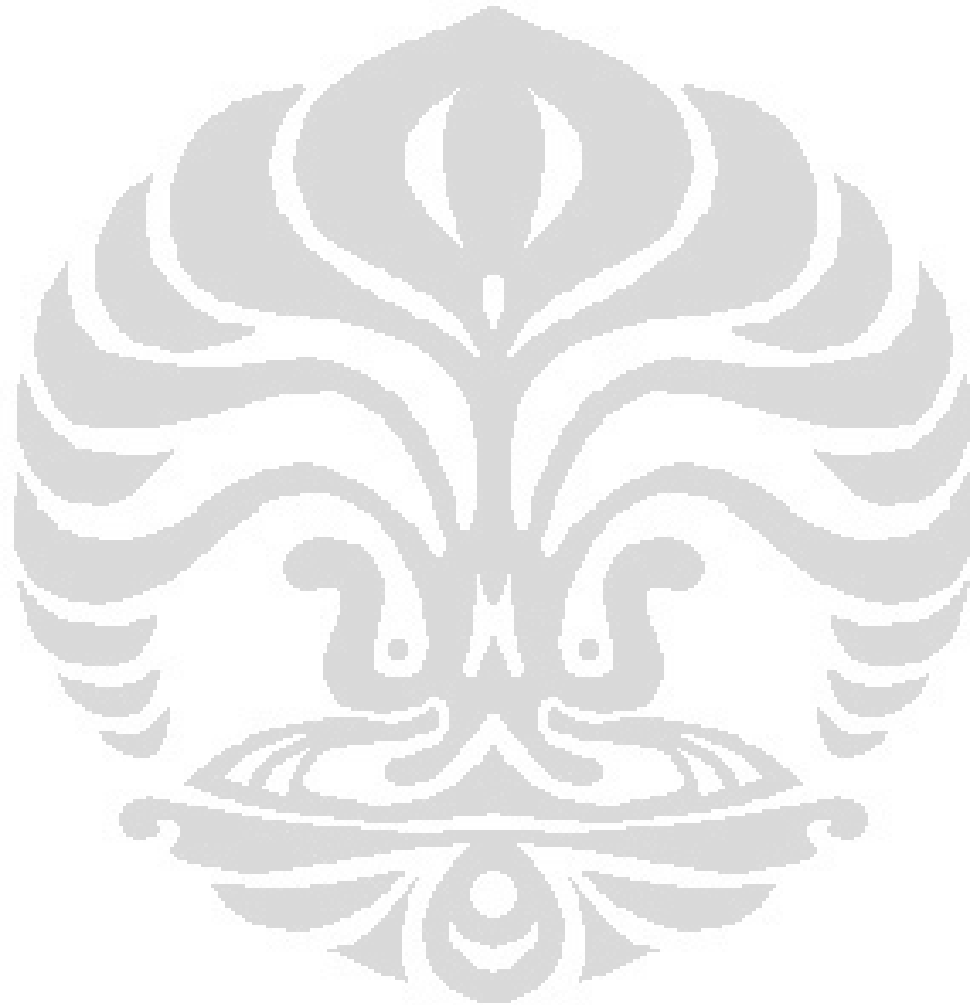
3.1.	Sarana Implementasi .....	31
3.1.1.	Perangkat Keras .....	31
3.1.2.	Perangkat Lunak .....	31
3.2.	Algoritma <i>Watermarking</i> .....	32
3.2.1.	Pembentukan Citra <i>terwatermark</i> .....	32
3.2.2.	Pengekstrakan Citra <i>Terwatermark</i> .....	38
<b>BAB 4</b>	<b>SIMULASI DAN ANALISIS</b> .....	<b>41</b>
4.1.	Analisis terhadap citra <i>watermark</i> .....	43
4.2.	Analisa perbandingan dekomposisi pada citra asli.....	45
4.3.	Analisa Perbandingan Penyisipan <i>Watermark</i> antar <i>Sub-band</i> .....	49
4.4.	Analisis terhadap citra asli.....	54
4.5.	Analisa <i>robustness</i> (ketahanan) citra <i>terwatermark</i> .....	61
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN</b> .....	<b>65</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>66</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Penyisipan Watermark .....	13
Gambar 2. 2 Proses Ekstraksi <i>Watermark</i> .....	14
Gambar 2. 3 Contoh Citra Biner 1 Bit .....	15
Gambar 2. 4 Contoh Citra <i>Grayscale</i> 4 Bit .....	15
Gambar 2. 5 Contoh Citra Warna 4 Bit .....	16
Gambar 2. 6 Representasi 3 Byte Citra Warna .....	16
Gambar 2. 7 Contoh citra 1 dimensi .....	18
Gambar 2. 8 Hasil proses transformasi perataan dan pengurangan dari gambar. ....	19
Gambar 2. 9 Proses perataan dan pengurangan dekomposisi penuh (3 level) .....	20
Gambar 2. 10 Hasil proses dekomposisi penuh .....	20
Gambar 2. 11 Hasil dekomposisi perataan dan pengurangan pada citra 2 dimensi. (a) citra asli (b) hasil dekomposisi dalam arah baris (c) hasil dekomposisi dalam arah kolom (citra hasil dekomposisi) .....	21
Gambar 2. 12 (a) Gelombang ( <i>Wave</i> ), (b) <i>Wavelet</i> .....	21
Gambar 2. 13 Dekomposisi <i>Wavelet</i> Tiga Tingkat .....	25
Gambar 2. 14 Dekomposisi <i>Wavelet</i> dengan Frekuensi Sinyal Asal $f=0 \sim \pi$ .....	27
Gambar 2. 15 Rekonstruksi <i>wavelet</i> tiga tingkat .....	27
Gambar 3. 1 Proses pembentukan citra ber <i>watermark</i> .....	32
Gambar 3. 2 Citra asli RGB ke bentuk <i>grayscale</i> .....	35
Gambar 3. 3 Citra <i>Watermark</i> .....	34
Gambar 3. 4 Transformasi <i>wavelet</i> 2 dimensi satu level .....	35
Gambar 3. 5 Dekomposisi citra asli .....	35
Gambar 3. 6 <i>Sub-band</i> bagian proses penyisipan <i>watermark</i> .....	36
Gambar 3. 7 Proses pengekstrakan <i>watermark</i> .....	38
Gambar 4. 1 Lena .....	40
Gambar 4. 2 Kupu-kupu .....	42
Gambar 4. 3 Sepeda .....	42
Gambar 4. 4 Pepper .....	43
Gambar 4. 5 Citra <i>watermark</i> .....	44
Gambar 4. 6 Tahapan dekomposisi <i>wavelet</i> tingkat 1 .....	45
Gambar 4. 7 (a) citra lena asli, (b) struktur <i>pyramid</i> satu tingkat, (c) dekomposisi lena satu tingkat, (d) dekomposisi lena dua tingkat, (e) dekomposisi lena tiga tingkat .....	46
Gambar 4. 8 Dekomposisi citra dengan DWT satu level .....	49
Gambar 4. 9 Penyisipan <i>watermark</i> pada <i>sub-band</i> LL .....	50
Gambar 4. 10 Penyisipan <i>watermark</i> pada <i>sub-band</i> LH .....	51
Gambar 4. 11 penyisipan <i>watermark</i> pada <i>sub-band</i> HL .....	52
Gambar 4. 12 Penyisipan <i>watermark</i> pada <i>sub-band</i> HH .....	53
Gambar 4. 13 (a) Citra lena (asli) <i>Grayscale</i> (b) citra lena <i>terwatermark</i> .....	56
Gambar 4. 14 (a) citra kupu asli (b) citra <i>terwatermark</i> .....	57

Gambar 4. 15 (a) citra sepeda asli (b) citra sepeda terwatermark..... 58  
 Gambar 4. 16 (a) citra pepper asli (b) citra pepper terwatermark..... 59  
 Gambar 4. 17 Gambar terwatermark sebelum (a) dan sesudah diserang *noise*(b)..... 62  
 Gambar 4. 18 Hasil ekstraksi (a) citra *watermark* dari sebelum dan (b) sesudah  
 terkena serangan ..... 62

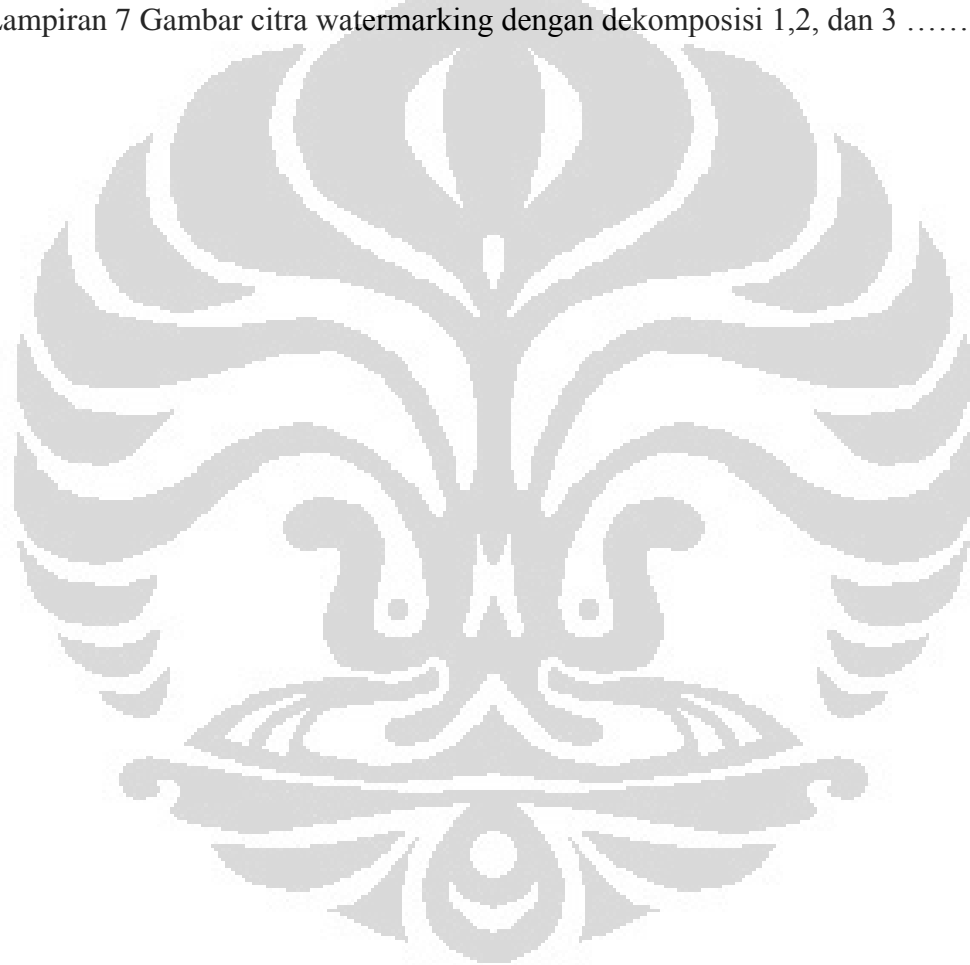


## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Spesifikasi Perangkat Keras.....	31
Tabel 4. 1	Pengujian citra <i>watermark</i> dengan dimensi yang berbeda.....	43
Tabel 4. 2	Percobaan 1. <i>watermarking</i> dengan dekomposisi satu level.....	46
Tabel 4. 3	Percobaan 2. <i>watermarking</i> dengan dekomposisi dua level .....	46
Tabel 4. 4	Percobaan 3. <i>watermarking</i> dengan dekomposisi tiga level .....	47
Tabel 4. 5	Pengujian penyisipan <i>watermark</i> pada sub-band LL.....	49
Tabel 4. 6	Pengujian penyisipan <i>watermark</i> pada <i>sub-band</i> LH .....	50
Tabel 4. 7	Penyisipan <i>watermark</i> pada <i>sub-band</i> HL.....	51
Tabel 4. 8	Penyisipan <i>watermark</i> pada <i>sub-band</i> HH.....	52
Tabel 4. 9	Hasil survei 1 terhadap 10 orang responden.....	55
Tabel 4. 10	Hasil survei 2 terhadap 10 orang responden.....	56
Tabel 4.11	Hasil survei 3 terhadap 10 orang responden .....	57
Tabel 4. 12	Hasil survei 4 terhadap 10 orang responden .....	58
Tabel 4. 13	Tabel pengujian citra sebelum diberi <i>noise</i> “ <i>salt&amp;pepper</i> ” .....	60
Tabel 4. 14	Tabel pengujian setelah diberi <i>noise</i> “ <i>salt&amp;pepper</i> ” .....	60

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar penyisipan watermark dengan metode diskrit meyer .....	65
Lampiran 2 Gambar penyisipan watermark dengan metode daubechis.....	67
Lampiran 3 Gambar penyisipan watermark dengan metode haar.....	69
Lampiran 4 Gambar penyisipan watermark dengan metode symlet.....	71
Lampiran 5 Hasil perhitungan nilai MSE & PSNR dengan awgn berkisar 10-40 db.	73
Lampiran 6 Hasil ekstraksi citra <i>watermark</i> dengan dimensi yang berbeda .....	75
Lampiran 7 Gambar citra watermarking dengan dekomposisi 1,2, dan 3 .....	76



# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi komputer dan internet sejauh ini berkembang begitu pesat dari tahun ke tahun. Perkembangan teknologi belakangan ini sudah memasuki tahap digital. Komputer dan internet sendiri menjadi *user friendly* dimana setiap orang dapat dengan mudah mengakses serta dapat memberikan berbagai informasi dalam bentuk media digital. Media digital dapat berupa teks, audio, video dan citra. Internet sendiri merupakan sistem distribusi yang sangat baik untuk media digital karena murah dan proses pengiriman datanya bisa dikatakan sangat cepat. Dengan kemudahan mengakses data digital ini seseorang yang tidak berhak atau tidak bertanggung jawab dapat menyalahgunakan atau mengklaim hak cipta orang lain, salah satu contohnya adalah pembajakan di dunia maya. Pembajakan di dunia maya tidak hanya seputar video atau musik saja, tetapi juga terjadi dalam media gambar atau citra. Pembajakan sangat merugikan bagi penciptanya, dilihat dari risikonya oleh karena itu pemilik hak cipta mencari teknologi yang dapat melindungi dari hak-hak cipta mereka, untuk itu diperlukan suatu perlindungan hak cipta salah satunya dengan menggunakan cara teknik *watermarking*.

*Watermarking* merupakan salah satu cabang dari ilmu *steganography*. Dimana *Steganography* adalah suatu cabang ilmu yang mempelajari bagaimana teknik menyembunyikan suatu data atau informasi yang bersifat rahasia ke dalam media informasi lainnya. Dalam proses penyembunyian data atau informasi selain *Steganography* terdapat juga *Cryptography*. Kedua cabang ilmu tersebut, memiliki prinsip yang sama yaitu menyembunyikan informasi yang bersifat rahasia. Namun yang membedakan keduanya ialah pada proses penyembunyian data dan hasil akhir dari proses tersebut. Pada *cryptography* data asli mengalami proses pengacakan dengan menggunakan teknik enkripsi tertentu sehingga data asli benar-benar berbeda



dengan data yang telah terenkripsi (tetapi dapat dikembalikan ke bentuk semula atau gambar aslinya). Sedangkan pada *steganography* suatu data asli disembunyikan dalam suatu data lain yang akan ditumpanginya tanpa mengubah data yang ditumpanginya (*host*) tersebut. Jadi secara visual data asli terlihat sama persis dengan data yang telah diproses secara *steganography*.

*Watermarking* merupakan teknik penyisipan (*embedding*) informasi ke dalam media data digital seperti citra, audio dan video secara rahasia. Informasi yang akan disisipkan harus dapat diperoleh kembali meskipun data digital telah diproses, disalin, atau didistribusikan. Informasi yang akan disisipkan ke dalam data digital dinamakan tanda air digital (*digital watermark*), sedangkan data digital yang disisipi dinamakan data orisinal (*host data*). Untuk data digital yang telah disisipi *watermark* dinamakan data bertanda air (*watermarked data*) [1].

*Watermarking* berbeda dengan tanda air pada uang kertas, dimana pada uang kertas tanda air tersebut masih dapat dilihat dengan mata telanjang. Sedangkan *watermarking* yang diaplikasikan pada media digital dimaksudkan agar *watermarking* secara visual tidak dapat dirasakan kehadirannya oleh indra manusia tetapi hanya dapat diketahui dengan menggunakan alat pengelola data digital seperti komputer.

Dalam pembentukan *watermarking*, setiap informasi yang disisipkan ke media digital harus tidak merusak kualitas media digital tersebut. Sehingga dalam citra digital mata tidak dapat membedakan apakah citra digital tersebut telah disisipi *watermark* atau belum. Sama halnya dalam musik atau audio digital, diharapkan telinga manusia tidak mengetahui adanya perubahan yang didengar setelah penyisipan data tersebut. Jadi pada *digital watermarking*, *digital watermark* atau informasi yang disisipkan pada media digital haruslah bersifat *imperceptible* atau tidak terdeteksi oleh panca indera manusia baik secara audio maupun visual. Dan *digital watermark* tersebut adalah sebuah kode identifikasi yang secara permanen disisipkan ke dalam data digital dengan

membawa informasi yang berhubungan dengan perlindungan hak cipta dan otentikasi data.

*Watermarking* dalam penerapannya terhadap data digital dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu pada domain spasial dan domain transformasi. *Watermarking* yang bekerja pada domain spasial langsung mengubah nilai pixel pada citra asli. Metode tersebut memiliki kompleksitas komputasi yang rendah namun tidak tahan terhadap serangan. Sedangkan *watermarking* pada domain transformasi seperti FFT (*Fast Fourier Transform*), DCT (*Discrete Cosine Transform*), *Discrete Wavelet Transform* (DWT) memiliki lebih banyak keuntungan dan kinerja yang lebih baik daripada teknik yang bekerja pada domain spasial [2].

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Dean Fathony Alfatwa [3] membahas mengenai *watermarking* pada citra digital menggunakan *Discrete Wavelet Transform*. Aplikasi yang dijalankan menggunakan *Cammar*, dengan menggunakan bahasa pemrograman java versi 1.6. Pada penelitian Alfatwa ini, hasil dari citra terwatermark diuji terhadap beberapa serangan antara lain dengan *bluring*, *sharpening* dan penambahan *noise* dengan menggunakan transformasi Haar *wavelet*. Sedangkan pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan analisa perbandingan *watermarking image* menggunakan transformasi *wavelet* diskrit dengan terhadap beberapa *mother wavelet*.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah merancang dan mensimulasi algoritma *watermarking* dengan menyisipkan *watermark* kedalam citra *host* (gambar yang akan disisipkan *watermark*) dengan menggunakan transformasi *wavelet* diskrit (DWT), dan mengekstrak kembali *watermark* yang telah disisipkan, serta menganalisis perbandingan *watermarking image* terhadap beberapa *mother wavelet* diantaranya *diskrit meyer*, *daubechies*, *symlet* dan *haar wavelet*.

Manfaat dari penelitian ini adalah membantu melindungi hak cipta orang lain dari orang-orang yang tidak bertanggung jawab dalam penyalahgunaan menggunakan data digital terutama pada data gambar atau citra.

### 1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian tugas akhir ini, dibuat analisa perbandingan *watermarking image* menggunakan metode transformasi *wavelet diskrit* dengan terhadap beberapa *mother wavelet* dengan batasan masalah bagaimana menjalankan proses *watermarking* dengan menyisipkan gambar *watermark* ke dalam citra digital dengan menggunakan berbagai macam keluarga *wavelet* seperti diskrit *meyer*, *daubechies*, *symlet*, dan *haar wavelet* serta membandingkan hasil gambar *terwatermark* yang diperoleh secara objektif dan subjektif. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa program MATLAB dari *matchwork inc.* Citra asli dan hasil citra penyisipan serta pengekstrakan dengan *watermark* menggunakan domain *grayscale*.

### 1.4. Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini, ruang lingkup aplikasi *watermarking* menggunakan teknik *discrete wavelet transform* adalah sebagai berikut :

1. Input berupa file citra digital berwarna atau citra *grayscale*
2. File *watermark* berupa format *.png*
3. Transformasi file citra digital menggunakan transformasi *wavelet* diskrit (DWT).
4. Output berupa file citra digital yang telah *ter-watermark* dan file *watermark* hasil ekstraksi.
5. Implementasi menggunakan bahasa pemrograman MATLAB 2009b.

## 1.5. Sistematika Penulisan

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menerangkan latar belakang masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, ruang lingkup, sistematika penulisan.

### BAB II WATERMARKING

Bab ini menerangkan tentang pengertian *watermarking*, dan pembahasannya.

### BAB III PERANCANGAN SIMULASI

Bab ini mengenai proses perancangan simulasi algoritma pembentukan *watermarking*

### BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS

Bab ini mengenai hasil simulasi dan analisis perbandingan citra ter*watermark*

### BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil citra *watermarking* yang dibuat

## **BAB 2** ***WATERMARKING***

### **2.1. *Watermarking***

#### 2.1.1. Sejarah *watermarking*

Sejarah dimulainya *watermarking* sudah ada sejak 700 tahun yang lalu. Pada sekitar akhir abad ke 13, pabrik kertas di fabriano (Italia), membuat kertas yang diberi *watermark* atau tanda air dengan cara menekan bentuk cetakan gambar atau tulisan pada kertas yang baru setengah jadi. Ketika kertas dikeringkan, terbentuklah suatu kertas yang ber-*watermark*. Kertas ini biasanya digunakan oleh seniman dan sastrawan untuk menulis karya mereka. Kertas yang sudah di bubuhi *watermark* tersebut sekaligus dijadikan identifikasi bahwa karya seni di atasnya adalah milik mereka. Perkembangan *watermarking* selanjutnya adalah *watermarking* pada media digital. *Watermarking* pada media digital ini mulai dikembangkan pada tahun 1990 di Jepang dan tahun 1993 di Swiss [3].

#### 2.1.2. Pengertian *Watermarking*

*Watermarking* atau tanda air dapat diartikan sebagai suatu teknik penyisipan dan atau penyembunyian informasi yang bersifat rahasia pada suatu data lainnya untuk "ditumpang" (kadang disebut dengan *host data*), tetapi orang lain tidak menyadari adanya kehadiran data tambahan pada data *host*-nya (Istilah *host* digunakan untuk data atau sinyal digital yang disisipi), sehingga seolah-olah tidak ada perbedaan berarti antara data *host* sebelum dan sesudah proses *watermarking* [4]. Disamping itu data yang sudah diberi *watermark* harus tahan (*robust*) terhadap segala perubahan baik secara sengaja maupun tidak, yang bertujuan untuk menghilangkan data *watermark* yang terdapat di data utamanya. *Watermark* juga harus tahan terhadap berbagai jenis pengolahan atau proses digital yang tidak merusak kualitas data yang diberi *watermark*.

*Watermarking* dapat juga dipandang sebagai kelanjutan *cryptography*, namun *watermarking* berbeda dengan *cryptography* dimana letak perbedaannya adalah hasil *output*-nya. Hasil dari *cryptography* biasanya berupa data yang berbeda dari bentuk aslinya dan biasanya datanya seolah-olah berantakan (tetapi dapat dikembalikan ke bentuk semula), sedangkan hasil keluaran dari *watermarking* ini memiliki bentuk persepsi yang hampir sama dengan bentuk aslinya, tentunya oleh persepsi indra manusia, tetapi tidak oleh komputer atau perangkat pengolah digital lainnya [4].

*Watermarking* pada data digital merupakan teknologi untuk memberikan perlindungan dan membuktikan hak kepemilikan ataupun keaslian atas karya digital, mendeteksi *copy* yang sah, mengatur penggunaan data yang sah dan menganalisis penyebaran data melalui jaringan dan *server*.

*Watermarking* berkembang seiring dengan perkembangan jaman dengan munculnya *watermarking* pada media digital atau disebut dengan *digital watermarking*. Salah satu prinsip dalam *digital watermarking* adalah informasi yang disisipkan pada media digital tidak boleh mempengaruhi kualitas media digital tersebut. Jadi pada citra digital, mata manusia tidak dapat membedakan apakah citra tersebut disisipi *watermark* atau tidak. Oleh karena itu pada *digital watermarking* terdapat persyaratan bahwa *digital watermark* yang disisipkan dalam citra digital haruslah *imperceptible* atau tidak terdeteksi oleh sistem penglihatan manusia (*Human Visual System*) atau sistem pendengaran manusia (*Human Auditory System*). *Digital watermarking* sendiri adalah sebuah kode identifikasi yang secara permanen disisipkan kedalam data digital dengan membawa informasi yang berhubungan dengan perlindungan hak cipta dan otentikasi data.

### 2.1.3. Jenis-jenis *watermarking*

Pada *digital watermarking* terdapat empat jenis berdasarkan media digital yang disisipi, yaitu [5]:

#### 1. *Text watermarking*

*Watermark* disisipkan pada media digital seperti dokumen atau teks.

#### 2. *Image watermarking*

*Watermark* disisipkan pada citra digital.

### 3. *Audio watermarking*

*Watermark* disisipkan pada file audio digital, seperti mp3, mpeg, dan sebagainya.

### 4. *Video watermarking*

*Watermark* disisipkan pada gambar bergerak atau disebut dengan video digital.

#### 2.1.4. *Type watermark*

Pada dasarnya terdapat dua jenis *type watermark* yaitu [6]:

##### a. *Visible*

Dikatakan *visible* karena jenis *watermark* dapat dilihat oleh panca indra manusia (mata telanjang). Sifat *watermark* ini sangat kuat bahkan sangat sulit dihapus keberadaannya walaupun tidak menjadi bagian dari image. Sebagai contohnya adalah logo transparan dari stasiun televisi yang ada pada sudut kanan atau kiri atas televisi.

##### b. *Invisible*

Dikatakan *invisible* karena *watermark* jenis ini tidak dapat dilihat oleh panca indera, yang bertujuan memberikan informasi yang bersifat rahasia dan untuk melindungi hak cipta orang lain dari orang yang tidak bertanggung jawab. Jenis *watermark* ini dapat dilihat melalui proses komputasi yaitu dengan cara mengekstrak gambar yang ter*watermark*.

#### 2.1.5. *Kriteria watermarking*

Penyisipan data rahasia pada citra digital akan mengubah kualitas citra tersebut, sehingga ada hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penerapan metode *watermarking*. Sebuah teknik *watermarking* yang baik juga harus memenuhi persyaratan di antaranya adalah sebagai berikut [6]:

1. *Fidelity* , yaitu mutu citra penampung tidak jauh berubah setelah penambahan data rahasia, dengan perkataan lain citra hasil *watermarking* masih terlihat dengan baik. Pengamat tidak mengetahui kalau pada citra tersebut sudah tersisipi data

rahasia. Untuk data penampung yang berkualitas tinggi, maka *fidelity* dituntut setinggi mungkin sehingga tidak merusak data aslinya.

2. *Robustness*, yaitu data yang disembunyikan harus tahan terhadap manipulasi yang dilakukan pada citra penampung (seperti perubahan kontras, penajaman, pemampatan, rotasi, perbesaran gambar, enkripsi, dan sebagainya). Bila pada citra dilakukan operasi pengolahan citra, maka data yang disembunyikan tidak rusak (*watermark* masih bisa terdeteksi). Namun kadang-kadang sebuah *watermark* hanya tahan terhadap sebuah proses tertentu tapi rentan terhadap proses yang lain.
3. *Tamper resistance*, yaitu ketahanan sistem *watermarking* terhadap kemungkinan adanya serangan atau usaha untuk mengubah, menghilangkan, bahkan untuk memberikan *watermark* palsu terhadap data penampung. Serangan yang sering terjadi pada *watermark* diantaranya :
  - a. *Active attacks*, merupakan serangan untuk menghilangkan *watermark* yang ada dalam data penampung.
  - b. *Passive attacks*, merupakan serangan yang bertujuan hanya untuk mengetahui apa isi *watermark* tersebut saat disisipi pesan dalam data penampung.
  - c. *Collusion attacks*, merupakan serangan untuk menghasilkan sebuah duplikasi dari data penampung yang tidak memiliki *watermark*.
  - d. *Forgery attacks*, merupakan serangan yang tidak hanya bertujuan untuk membaca atau menghilangkan *watermark* yang ada, tetapi juga menanamkan suatu *watermark* yang baru kedalam data penampung.
4. *Imperceptibility*, yaitu keberadaan *watermark* tidak dapat di persepsi oleh indra visual. Hal ini bertujuan untuk menghindari gangguan pengamatan visual.
5. *Non-invertibility*, secara komputasi sangat sukar menemukan *watermark* bila diketahui hanya citra ber*watermark* saja.
6. *Key uniqueness*, yaitu kunci yang berbeda menghasilkan *watermark* yang berbeda. Ini berarti penggunaan kunci yang salah dapat menyebabkan hasil ekstraksi atau deteksi *watermark* yang salah pula.



7. *Recovery*, yaitu data yang disembunyikan harus dapat diungkapkan kembali. Karena tujuan dari *watermarking* adalah penyembunyian data, maka sewaktu-waktu data rahasia dalam citra penampung harus dapat diambil kembali untuk dapat bisa digunakan lebih lanjut.

#### 2.1.6. Klasifikasi *watermarking*

Klasifikasi teknik *watermarking* digital pada saat ini cukup banyak. Ada beberapa teknik *watermarking* berdasarkan domain kerjanya, yaitu [4]:

1. Teknik *watermarking* yang bekerja pada domain spasial (*spatial domain watermarking*).

Teknik ini bekerja dengan cara menyisipkan *watermark* secara langsung kedalam domain spasial dari suatu citra. Istilah domain spasial sendiri mengacu pada piksel-piksel penyusun sebuah citra. Teknik *watermarking* jenis ini beroperasi secara langsung pada piksel-piksel tersebut. Beberapa contoh teknik yang bekerja pada domain spasial adalah teknik penyisipan pada *Least Significant Bit* (LSB) oleh Johnson and Jajodia (1998), metode *patchwork* yang diperkenalkan oleh Bender et al (1996), Teknik *adaptive spatial-domain watermarking* diusulkan oleh Lee dan Lee (1999).

2. Teknik *watermarking* yang bekerja pada domain *transform* (*transform domain watermarking*).

Pada *transform domain watermarking* (sering juga disebut dengan *frequency domain watermarking*) ini penyisipan *watermark* dilakukan pada koefisien frekuensi hasil transformasi citra asalnya. Ada beberapa transformasi yang umum digunakan oleh para peneliti, yaitu: *discrete cosine transform* (DCT), *discrete fourier transform* (DFT), *discrete wavelet transform* (DWT) maupun *discrete laguerre transform* (DLT).

Berikut ini beberapa contoh algoritma *watermarking* digital pada domain frekuensi : Koch dan Zhao (1995) memperkenalkan teknik *randomly sequenced pulse position modulated code* (RSPPMC) yang bekerja pada domain DCT. Kemudian Cox et al (1997) mengusulkan teknik *watermarking* digital yang dianalogikan dengan

**Universitas Indonesia**

teknik *spread spectrum communication*. Teknik yang hampir serupa dengan proposal Cox et al (1997) diperkenalkan oleh Fotopoulos et al (2000), letak perbedaannya adalah dalam penggunaan blok DCT tempat penanaman *watermark*. Teknik lain yang memanfaatkan DCT adalah yang diusulkan oleh Barni et al (1998), ia memanfaatkan *pseudo-random number sequence* sebagai *watermark* yang disisipkan ke dalam vektor koefisien DCT citra yang disusun secara zig-zag seperti dalam algoritma JPEG (Wallace, 1991). Pemanfaatan domain DLT dalam *watermarking* digital dapat ditemui di (Gilani dan Skodras, 2000). Teknik yang berbasis *wavelet* ternyata juga tidak kalah populer digunakan dalam *watermarking* digital, seperti penggunaan *wavelet* pada *watermarking* video yang diusulkan oleh Swanson et al (1997). Salah satu alasan pemanfaatan *wavelet* dalam *watermarking* adalah kemampuan *watermark* untuk bertahan dalam berbagai skala resolusi citra (Swanson et al, 1997).

3. Teknik *watermarking* yang bekerja pada kedua domain diatas (*hybrid techniques watermarking*).

Teknik *watermarking* jenis ini bekerja dengan menggabungkan kedua teknik diatas. Pada teknik ini biasanya penanaman *watermark* dilakukan pada domain frekuensi beberapa bagian citra yang dipilih berdasarkan karakteristik spasial citra tersebut.

#### 2.1.7. Aplikasi *watermarking*

*Watermarking* sebagai teknik penyembunyian atau penyisipan data pada data digital lain dapat dimanfaatkan untuk berbagai tujuan, seperti [4] [6] [7]:

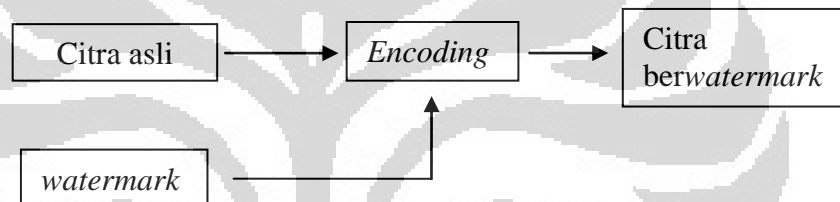
1. *Tamper-proofing* atau otentikasi, yaitu *watermarking* digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi atau alat indikator yang menunjukkan data digital (*host*) telah mengalami perubahan dari aslinya (*tamper proofing*). Jika *watermark* yang diekstraksi tidak tepat sama dengan *watermark* asli, maka disimpulkan citra yang beredar sudah tidak otentik lagi. Keotentikan dari suatu citra digital juga dapat ditunjukkan karena hanya pemilik yang mengetahui kunci dari suatu citra digital yang asli, sehingga kunci yang salah akan menghasilkan kunci yang salah pula.

2. *Annotation/Caption*, yaitu *watermarking* hanya digunakan sebagai keterangan tentang data digital itu sendiri.
3. *Feature Location*, yaitu metode *watermarking* digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi isi dari data digital pada lokasi-lokasi tertentu, seperti contohnya penamaan objek tertentu dari beberapa objek yang lain pada suatu citra digital.
4. *Copyright-Labeling* atau *owner identification*, yaitu *watermarking* dapat digunakan sebagai metode untuk menyembunyikan atau penyisipan informasi label hak cipta pada data digital sebagai bukti otentik kepemilikan karya digital tersebut. Informasi tersebut bisa berupa identitas diri (nama, alamat, dan sebagainya), atau gambar yang menspesifikasikan pemilik. Klaim pemilik lain yang mengaku sebagai pemilik citra tersebut dapat dibantah dengan membandingkan *watermark* yang di ekstrak dengan pemilik citra.
5. *Medical record*, yaitu *watermark* digunakan dalam catatan medis seperti penyisipan *watermark* dalam photo sinar-X berupa ID pasien dengan maksud untuk memudahkan identifikasi pasien atau untuk hasil diagnosis penyakit sang pasien tersebut [5].
6. *Covert communication*, yaitu *watermarking* digunakan sebagai media untuk mengirimkan pesan-pesan rahasia kepada orang yang dituju tanpa bias diketahui oleh pihak yang tidak diinginkan. Penerapan *watermarking* sebagai media komunikasi lebih dikenal sebagai data *hiding* [5].
7. *Fingerprinting (traitor-tracing)*, yaitu *watermarking* dapat digunakan sebagai metode untuk penyebaran citra digital yang sudah diberi tanda *watermark* yang berbeda-beda untuk setiap distributor, seolah-olah cetak jari distributor terekam dalam citra. Karena *watermark* tersebut juga bisa berlaku sebagai *copyright*, maka setiap distributor terikat aturan bahwa dia tidak boleh menggangakan citra digital tersebut dan menjualnya kepihak lain. Misalkan sang pemilik citra asli menemukan citra ber*watermark* karyanya beredar secara illegal di tangan pihak lain, maka sang pemilik citra bisa mengetahui pihak distributor mana yang

melakukan penggandaan citra tersebut dengan mengekstraksi *watermark* dalam citra ilegal tersebut [5].

#### 2.1.8. *Digital image watermarking*

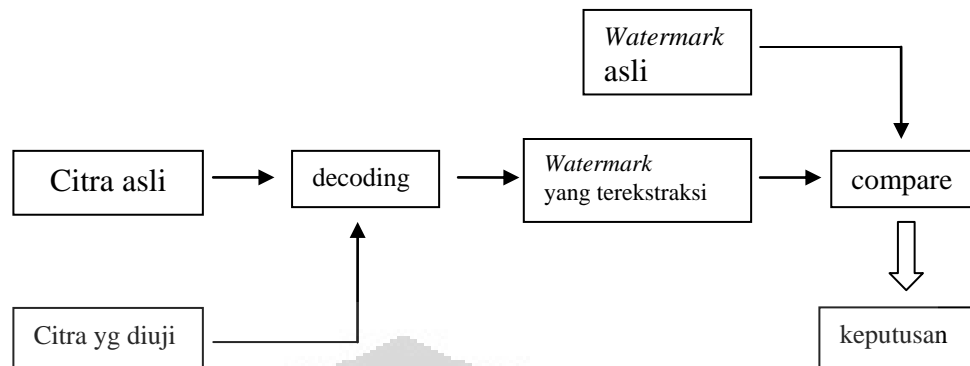
Dikembangkannya teknik penyembunyian data pada citra digital didorong oleh kebutuhan terhadap perlindungan kepemilikan hak cipta citra digital. Pada *watermarking* proses penyisipan *watermark* ke dalam citra *host* atau citra digital disebut *encoding*. *Encoding* menerima masukan berupa citra, *watermark*. Setelah proses *encoding* didapatkanlah citra yang ber*watermark*. Perbedaan antara citra asli dan citra ber*watermark* hampir tidak dapat terlihat oleh mata telanjang. Gambar 2.1 adalah suatu blok diagram dari proses penyisipan *watermark* pada citra digital.



**Gambar 2. 1** Proses Penyisipan Watermark

Pada proses *watermarking*, selain *encoding* juga terdapat istilah *decoding*. *Decoding* itu sendiri adalah proses ekstraksi dari citra yang ber*watermark* yang bertujuan untuk mendapatkan kembali citra digital asli dan *watermark* yang sebelumnya disisipi pada citra yang ber*watermark*. Pada dasarnya proses ekstraksi adalah membandingkan citra digital asli dengan citra ber*watermark* untuk mendapatkan *watermark* yang disisipkan. Sedangkan untuk ketahanan terhadap proses-proses pengolahan lainnya, itu tergantung terhadap metode-metode yang digunakan dalam pembentukan *watermarking*.

Gambar 2.2 dibawah adalah gambar atau algoritma ekstraksi pada gambar yang ber*watermark*.



**Gambar 2. 2** Proses Ekstraksi *Watermark*

## 2.2. Citra digital

Secara umum, pengolahan citra digital menunjuk pada pemrosesan gambar dua dimensi menggunakan komputer. Dalam konteks yang lebih luas, pengolahan citra digital mengacu pada pemrosesan setiap data dua dimensi. Citra digital merupakan sebuah larik (array) yang berisi nilai-nilai *real* maupun kompleks yang direpresentasikan dengan deretan bit tertentu. Citra digital dapat didefinisikan secara matematis sebagai fungsi intensitas dalam 2 variable  $x$  dan  $y$ , yang dapat dituliskan  $f(x,y)$ , dimana  $(x,y)$  merepresentasikan koordinat spasial pada bidang 2 dimensi dan  $f(x,y)$  merupakan intensitas cahaya pada kordinat tersebut [8]. Citra digital merupakan representasi citra asal yang bersifat kontinu. Untuk mengubah citra yang bersifat kontinu diperlukan sebuah cara untuk mengubahnya dalam bentuk data digital. Komputer menggunakan sistem bilangan biner untuk memecahkan masalah ini [3]. Dengan menggunakan sistem bilangan biner ini, citra dapat diproses dalam komputer dengan sebelumnya mengekstrak informasi citra analog asli dan mengirimnya ke komputer dalam bentuk biner. Proses ini disebut dengan digitalisasi [3].

Dalam citra digital terdapat tiga jenis citra yang sering digunakan, yaitu :

### 1. Citra biner (*monochrome*)

Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai pixel yaitu hitam dan putih. Dimana gradasi warna hitam = 0, dan putih = 1. Pada

standar citra untuk ditampilkan di layar komputer, nilai biner ini berhubungan dengan ada tidaknya cahaya yang ditembakkan oleh *electron gun* yang terdapat di dalam monitor komputer. Angka 0 menyatakan tidak ada cahaya, dengan demikian warna yang direpresentasikan adalah hitam. Untuk angka 1 terdapat cahaya, sehingga warna yang direpresentasikan adalah putih. Standar tersebut disebut sebagai standar citra cahaya, sedangkan standar citra tinta atau cat adalah berkebalikan, karena biner tersebut menyatakan ada tidaknya tinta. Gambar 2.3 memperlihatkan contoh dari citra biner.



**Gambar 2.3** Contoh Citra Biner 1 Bit

## 2. Citra *grayscale* (skala keabuan)

Pada citra ini warna tergantung pada jumlah bit yang disediakan oleh memori untuk menampung kebutuhan warna ini. Misalnya 2 bit ( $2^2$ ) mewakili 4 warna, 3 bit ( $2^3$ ) mewakili 8 warna, dan seterusnya sampai maksimal 8 bit ( $2^8$ ) yang mewakili 256 warna. Semakin besar jumlah bit warna yang disediakan memori, maka semakin halus gradiasi warna yang terbentuk [8]. Gambar 2.4 memperlihatkan contoh citra *grayscale*.



**Gambar 2.4** Contoh Citra *Grayscale* 4 Bit

## 3. Citra warna (*true color*)

Setiap piksel pada citra warna mewakili warna yang merupakan kombinasi dari 3 warna dasar (RGB = *red, green, blue*). Setiap warna dasar menggunakan penyimpanan 8 bit = 1 *byte*, yang berarti warna mempunyai gradiasi sebanyak 256 warna. Berarti setiap piksel mempunyai kombinasi warna sebanyak  $2^8 \cdot 2^8 \cdot 2^8 = 16$  juta warna lebih [8]. Itulah sebabnya mengapa disebut citra *true color* karena mempunyai

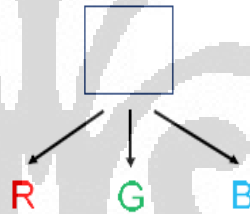
**Universitas Indonesia**

jumlah warna yang cukup besar sehingga bisa dikatakan hampir mencakup semua warna di alam.

Dalam citra warna (*true color*) penyimpanan didalam memori berbeda dengan penyimpanan pada *grayscale*. Setiap piksel dari citra *grayscale* 256 gradasi warna diwakili oleh 1 *byte*, sedangkan pada 1 piksel citra *true color* diwakili oleh 3 *byte*, dimana masing-masing data *byte* mempresentasikan warna merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*). Gambar 2.5 memperlihatkan contoh citra warna 4 bit dan gambar 2.6 mempresentasikan 3 *byte* citra warna (*true color*).



**Gambar 2. 5** Contoh Citra Warna 4 Bit



**Gambar 2. 6** Representasi 3 Byte Citra Warna

Contoh dari citra *true color* adalah citra bitmap 24 bit. Citra bitmap sering disebut juga dengan citra raster. Citra bitmap menyimpan data kode citra secara digital dan lengkap (cara penyimpanannya adalah per piksel). Citra bitmap dipresentasikan dalam bentuk matriks atau dipetakan dengan menggunakan bilangan biner atau sistem bilangan lain. Citra ini memiliki kelebihan mudah untuk memanipulasi warna, tetapi untuk mengubah objek lebih sulit. Tampilan bitmap mampu menunjukkan gradasi bayangan dan warna dari sebuah gambar. Oleh karena itu bitmap merupakan media elektronik yang paling tepat untuk gambar-gambar dengan perpaduan gradasi warna yang rumit, seperti foto dan lukisan digital. Citra

bitmap biasanya diperoleh dengan cara *scanner*, kamera digital, *video capture*, dan lain-lain [8].

### 2.3. Transformasi citra

Secara harfiah, transformasi citra dapat diartikan sebagai perubahan bentuk suatu citra. Perubahan bentuk tersebut dapat berupa perubahan geometri piksel seperti perputaran (rotasi), pergeseran (translasi), penskalaan, dan lain sebagainya atau dapat juga berupa perubahan ruang (domain) citra ke domain lainnya, seperti transformasi *fourier* yang mengubah suatu citra dari domain spasial menjadi domain frekuensi [1].

Transformasi citra merupakan pokok bahasan yang sangat penting dalam pengolahan citra. Citra hasil proses transformasi dapat dianalisis kembali, diinterpretasikan, dan dijadikan acuan untuk melakukan pemrosesan selanjutnya. Tujuan diterapkannya transformasi citra adalah untuk memperoleh informasi (*feature extraction*) yang lebih jelas yang terkandung dalam suatu citra [1].

Melalui proses transformasi, suatu citra dapat dinyatakan sebagai kombinasi linear dari sinyal dasar (*basic signals*) yang sering disebut dengan fungsi basis (*basis fuction*). Suatu citra yang telah mengalami transformasi dapat diperoleh kembali dengan menggunakan transformasi balik (*invers transformation*). Pada transformasi citra terdapat berbagai macam transformasi diantaranya, *fast fourier transform (FFT)*, *discrete cosine transform (DCT)*, *wavelet discrete transform (DWT)*, dll [1].

#### 2.3.1. Domain dalam transformasi sinyal

Bentuk mentah dari penggambaran waktu dan amplitudo disebut dengan sinyal [9]. Penggambaran dengan waktu dan amplitudo yang dikategorikan dalam domain waktu sering kali perlu ditransformasikan dalam domain lain untuk analisis dan pemrosesan sinyal. Domain lain selain domain waktu misalnya domain frekuensi, domain waktu-frekuensi, dsb. Dengan adanya transformasi sinyal ini maka informasi yang kemungkinan masih tersimpan di dalam sinyal asal dapat diidentifikasi. Informasi di dalam sinyal ini dapat ditampilkan melalui transformasi dengan cara



mendapatkan spektrumnya. Spektrum yang bisa diperoleh dari sebuah sinyal dapat berupa frekuensi atau waktu tergantung dari jenis transformasi yang digunakan.

Sinyal sendiri dibagi menjadi dua jenis, yaitu sinyal tidak bergerak (*stationary signals*) dan sinyal bergerak (*non-stationary signals*). Citra dan suara merupakan salah satu contoh dari sinyal yang dapat bergerak. Contoh lain dari jenis sinyal bergerak adalah sinyal dalam bidang biologi seperti *electrocardiogram*, *electromyography*, dsb. Untuk mendapatkan informasi dari sinyal tidak bergerak, khususnya sinyal dengan representasi frekuensi, dapat digunakan transformasi *Fourier*. Karena sinyal ini tidak bergerak, maka hanya perlu untuk mendapatkan spektrum frekuensi sebuah sinyal saja agar informasi dari sinyal tersebut bisa ditampilkan.

Berbeda dengan sinyal tidak bergerak, untuk menampilkan informasi dari sinyal bergerak perlu sebuah transformasi yang bisa mendapatkan spektrum frekuensi dengan keterangan waktunya. Dalam transformasi *Fourier*, spektrum frekuensi dari sebuah sinyal bisa didapatkan, namun transformasi ini tidak dapat memberi tahu kapan terjadinya frekuensi sinyal tersebut. Sehingga transformasi *Fourier* hanya cocok untuk jenis sinyal tidak bergerak. Untuk itulah diperlukan transformasi lain untuk menampilkan informasi dari jenis sinyal bergerak ini, transformasi *Wavelet* adalah salah satunya. Transformasi ini bisa mendapatkan spektrum frekuensi dan waktu secara bersamaan. Sehingga sinyal bergerak khususnya sinyal dengan representasi waktu-frekuensi bisa diproses menggunakan transformasi ini.

### 2.3.2. Dekomposisi *Averages* dan *Differences*

Dekomposisi perataan (*averages*) dan pengurangan (*differences*) memegang peranan penting untuk memahami transformasi wavelet. Gambar berikut adalah contoh dekomposisi perataan dan pengurangan pada citra satu dimensi dengan dimensi 8.

37	35	28	28	58	18	21	15
----	----	----	----	----	----	----	----

**Gambar 2. 7** Contoh citra 1 dimensi

Perataan dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata 2 pasang data dengan rumus :

$$p = \frac{x+y}{2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Sedangkan pengurangan dilakukan dengan rumus :

$$p = \frac{x-y}{2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Hasil proses perataan untuk citra diatas adalah :

$$\frac{37 \quad 35}{36} \qquad \frac{28 \quad 28}{28} \qquad \frac{58 \quad 18}{38} \qquad \frac{21 \quad 15}{18}$$

Sedangkan hasil proses pengurangannya adalah :

$$\frac{37 \quad 35}{1} \qquad \frac{28 \quad 28}{0} \qquad \frac{58 \quad 18}{20} \qquad \frac{21 \quad 15}{3}$$

Sehingga hasil proses dekomposisi perataan dan pengurangan terhadap citra asli di atas adalah :

36	28	38	18	1	0	20	3
----	----	----	----	---	---	----	---

**Gambar 2. 8** Hasil proses transformasi perataan dan pengurangan dari gambar (sebelumnya).

Proses dekomposisi yang dilakukan diatas hanya 1 kali (1 level) saja. Gambar 2. 9 menunjukan proses transformasi penuh dan berhenti setelah tersisa 1 piksel saja.

37	35	28	28	58	18	21	15
36	28	38	18	1	0	20	3
32	28	4	10				

30	2
----	---

**Gambar 2. 9** Proses perataan dan pengurangan dengan dekomposisi penuh (3 level).

Pada setiap level, proses dekomposisi hanya dilakukan pada bagian hasil proses perataan. Hasil proses dekomposisi adalah gabungan dari hasil proses perataan dengan seluruh hasil proses pengurangan. Citra hasil dekomposisi penuh diatas adalah :

30	2	4	10	1	0	20	3
----	---	---	----	---	---	----	---

**Gambar 2. 10** Hasil proses dekomposisi penuh

Pada citra berukuran  $2^n$  maka dibutuhkan sebanyak  $n$  level untuk melakukan dekomposisi penuh sehingga dapat dikatakan kompleksitas dekomposisi perataan dan pengurangan adalah  $O(n)$ .

Untuk citra 2 dimensi, dekomposisi perataan dan pengurangan sama dengan proses pada citra 1 dimensi di atas. Hanya saja proses dekomposisi dilakukan dalam 2 tahap, yaitu tahap pertama proses dekomposisi dilakukan pada seluruh baris, kemudian tahap kedua pada citra hasil tahap pertama dilakukan proses dekomposisi dalam arah kolom. Gambar 2.11 adalah contoh hasil dekomposisi 2 dimensi.

10	10	20	20
10	10	20	20
50	50	30	30
50	50	30	30

(a)

10	20	0	0
10	20	0	0
50	30	0	0
50	30	0	0

(b)

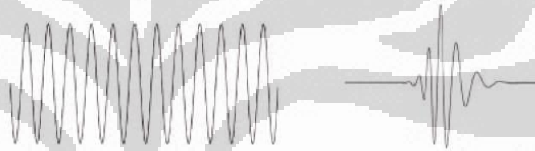
10	20	0	0
50	30	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

(c)

**Gambar 2. 11** Hasil dekomposisi perataan dan pengurangan pada citra 2 dimensi. (a) citra asli (b) hasil dekomposisi dalam arah baris (c) hasil dekomposisi dalam arah kolom (citra hasil dekomposisi)

### 2.3.3. *Wavelet*

Gelombang (*wave*) adalah sebuah fungsi yang bergerak naik turun ruang dan waktu secara periodik. Sedangkan *wavelet* merupakan gelombang yang dibatasi atau terlokalisasi atau dapat dikatakan sebagai gelombang pendek. *Wavelet* ini mengkonsentrasikan energinya dalam ruang dan waktu sehingga cocok untuk menganalisis sinyal yang sifatnya sementara saja. Gambar 2.12 adalah perbedaan gelombang (*wave*) dan *wavelet*.



**Gambar 2. 12** (a) Gelombang (*Wave*), (b) *Wavelet*

*Wavelet* pertama kali digunakan dalam analisis dan pemrosesan *digital* dari sinyal gempa bumi, yang tercantum dalam literatur oleh A. Grossman dan J. Morlet. Penggunaan *wavelet* pada saat ini sudah semakin berkembang dengan munculnya area sains terpisah yang berhubungan dengan analisis *wavelet* dan teori transformasi *wavelet*. Dengan munculnya area sains ini *wavelet* mulai digunakan secara luas dalam filtrasi dan pemrosesan data, pengenalan citra, sintesis dan pemrosesan berbagai variasi sinyal, kompresi dan pemrosesan citra, dll [9].

### 2.3.4. Transformasi *wavelet* (*wavelet transform*)

Transformasi *wavelet* adalah sebuah transformasi matematika yang digunakan untuk menganalisis sinyal bergerak. Sinyal bergerak ini dianalisis untuk didapatkan informasi spektrum frekuensi dan waktunya secara bersamaan. Salah satu seri

pengembangan transformasi *wavelet* adalah *Discrete Wavelet transform (DWT)* [3] [9].

Transformasi sinyal merupakan bentuk lain dari penggambaran sinyal yang tidak mengubah isi informasi dalam sinyal tersebut. Transformasi *wavelet (wavelet transform)* menyediakan penggambaran frekuensi waktu dari sinyal. Pada awalnya, transformasi *wavelet* digunakan untuk menganalisis sinyal bergerak (*non-stationary signals*). Sinyal bergerak ini dianalisis dalam transformasi *wavelet* dengan menggunakan teknik *multi-resolution analysis*. Secara umum teknik *multi-resolution analysis* adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis frekuensi dengan cara frekuensi yang berbeda dianalisis menggunakan resolusi yang berbeda. Resolusi dari sinyal merupakan ukuran jumlah informasi di dalam sinyal yang dapat berubah melalui operasi filterisasi [10].

Transformasi *wavelet* merupakan perbaikan dari transformasi *fourier*. Pada transformasi *fourier* hanya dapat menentukan frekuensi yang muncul pada suatu sinyal, namun tidak dapat menentukan kapan (dimana) frekuensi itu muncul [11]. Dengan kata lain, transformasi *fourier* tidak memberikan informasi tentang domain waktu (*time domain*). Kelemahan lain dari transformasi *fourier* adalah perubahan sedikit terhadap sinyal pada posisi tertentu akan berdampak atau mempengaruhi sinyal pada posisi lainnya. Hal ini disebabkan karena transformasi *fourier* berbasis *sin-cos* yang bersifat periodik dan kontinu [11].

Transformasi *wavelet* selain mampu memberikan informasi frekuensi yang muncul, juga dapat memberikan informasi tentang skala atau waktu. *Wavelet* dapat digunakan untuk menganalisa suatu bentuk gelombang (sinyal) sebagai kombinasi dari waktu (skala) dan frekuensi. Selain itu perubahan sinyal pada suatu posisi tertentu tidak akan berdampak banyak terhadap sinyal pada posisi-posisi yang lainnya. Dengan *wavelet* suatu sinyal dapat disimpan lebih efisien dibandingkan dengan *fourier* dan lebih baik dalam hal melakukan aproksimasi terhadap *real-word signal*.

Transformasi *wavelet* memiliki dua seri dalam pengembangannya yaitu *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dan *Discrete Wavelet Transform (DWT)*. Semua fungsi yang digunakan dalam transformasi *CWT* dan *DWT* diturunkan dari *mother wavelet* melalui translasi atau pergeseran dan penskalaan atau kompresi. *Mother wavelet* merupakan fungsi dasar yang digunakan dalam transformasi *wavelet* [9]. Karena *mother wavelet* menghasilkan semua fungsi *wavelet* yang digunakan dalam transformasi melalui translasi dan penskalaan, maka *mother wavelet* juga akan menentukan karakteristik dari transformasi *wavelet* yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu pencatatan secara teliti terhadap penerapan *wavelet* dan pemilihan yang tepat terhadap *mother wavelet* agar dapat menggunakan transformasi *wavelet* secara efisien.

Seri pengembangan *Continuous Wavelet transform (CWT)* dipaparkan pada persamaan (2.3) [9]:

$$X_{WT}(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int x(t) \psi^* \left( \frac{t-\tau}{s} \right) dt \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$x(t)$  merupakan sinyal yang akan dianalisis,  $\psi(t)$  adalah *mother wavelet* atau fungsi dasar yang dipilih.  $\tau$  merupakan parameter translasi yang berhubungan dengan informasi waktu pada transformasi *wavelet*. Parameter skala  $s$  didefinisikan sebagai (1/frekuensi) dan berhubungan dengan informasi frekuensi. Dengan adanya penskalaan ini sinyal dapat diperbesar atau dikompresi. Penskalaan besar (frekuensi rendah) menyebabkan sinyal diperbesar dan dapat memberikan informasi detil yang tersembunyi di sinyal, sedangkan penskalaan kecil (frekuensi tinggi) menyebabkan kompresi sinyal dan memberikan informasi global dari sinyal. Seri pengembangan kedua dari transformasi *wavelet* adalah *Discrete Wavelet transform (DWT)*. Seri pengembangan ini merupakan seri *CWT* yang didiskritkan. Dengan pendiskritan

*CWT* ini maka perhitungan dalam *CWT* dapat dibantu dengan menggunakan komputer.

### 2.3.5. *Discrete wavelet transform (DWT)*

Dasar dari *DWT* dimulai pada tahun 1976 dimana teknik untuk mendekomposisi sinyal waktu *discrete* ditemukan [9]. Di dalam *CWT*, sinyal dianalisis menggunakan seperangkat fungsi dasar yang saling berhubungan dengan penskalaan dan transisi sederhana. Sedangkan di dalam *DWT*, penggambaran sebuah skala waktu sinyal digital didapatkan dengan menggunakan teknik filterisasi digital. Secara garis besar proses dalam teknik ini adalah dengan melewatkan sinyal yang akan dianalisis pada filter dengan frekuensi dan skala yang berbeda.

Filterisasi sendiri merupakan sebuah fungsi yang digunakan dalam pemrosesan sinyal. *Wavelet* dapat direalisasikan menggunakan iterasi filter dengan penskalaan. Resolusi dari sinyal, yang merupakan rata-rata dari jumlah detail informasi dalam sinyal, ditentukan melalui filterisasi ini dan skalanya didapatkan dengan *upsampling* dan *downsampling (subsampling)*.

Sebuah sinyal harus dilewatkan dalam dua filterisasi *DWT* yaitu *highpass filter* dan *lowpass filter* agar frekuensi dari sinyal tersebut dapat dianalisis. Analisis sinyal dilakukan terhadap hasil filterisasi *highpass filter* dan *lowpass filter* di mana *highpass filter* digunakan untuk menganalisis frekuensi tinggi dan *lowpass filter* digunakan untuk menganalisis frekuensi rendah. Analisis terhadap frekuensi dilakukan dengan cara menggunakan resolusi yang dihasilkan setelah sinyal melewati filterisasi. Analisis frekuensi yang berbeda dengan menggunakan resolusi yang berbeda inilah yang disebut dengan *multi-resolution analysis*, seperti yang telah disinggung pada bagian transformasi *wavelet*. [2]

Pembagian sinyal menjadi frekuensi tinggi dan frekuensi rendah dalam proses filterisasi *highpass filter* dan *lowpass filter* disebut sebagai dekomposisi [12]. Proses dekomposisi dimulai dengan melewatkan sinyal asal melewati *highpass filter* dan *lowpass filter*. Misalkan sinyal asal ini memiliki rentang frekuensi dari 0 sampai dengan  $\pi$  rad/s. Dalam melewati *highpass filter* dan *lowpass filter* ini, rentang

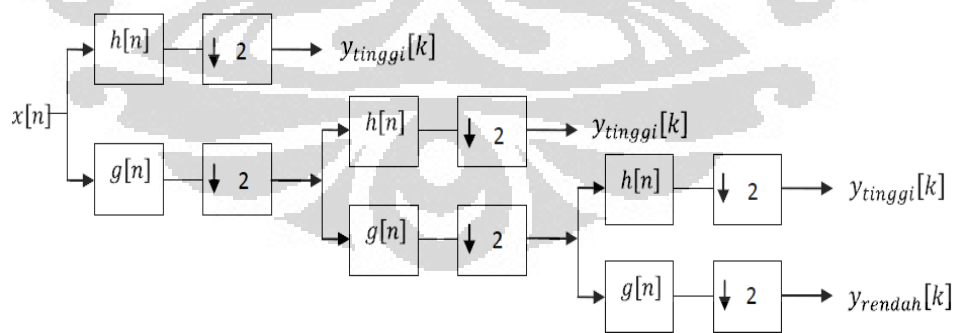
frekuensi *di-subsample* menjadi dua, sehingga rentang frekuensi tertinggi pada masing-masing *subsample* menjadi  $\pi/2$  rad/s. Setelah filterisasi, setengah dari *sample* atau salah satu *subsample* dapat dieliminasi berdasarkan aturan Nyquist [9]. Sehingga sinyal dapat selalu *di-subsample* oleh 2 ( $\downarrow 2$ ) dengan cara mengabaikan setiap *sample* yang kedua.

Proses dekomposisi ini dapat melalui satu atau lebih tingkatan. Dekomposisi satu tingkat ditulis dengan ekspresi matematika pada persamaan (2.4) dan (2.5) :

$$y_{tinggi}[k] = \sum_n x[n]h[2k - n] \dots\dots\dots (2.4)$$

$$y_{rendah}[k] = \sum_n x[n]g[2k - n] \dots\dots\dots (2.5)$$

$y_{tinggi}[k]$  dan  $y_{rendah}[k]$  yang merupakan hasil dari *highpass filter* dan *lowpass filter*,  $x[n]$  merupakan sinyal asal,  $h[n]$  adalah *highpass filter*, dan  $g[n]$  adalah *lowpass filter*. Untuk dekomposisi lebih dari satu tingkat, prosedur pada persamaan (2.2) dan (2.3) dapat digunakan pada masing-masing tingkatan. Contoh penggambaran dekomposisi dipaparkan pada Gambar 2.13 dengan menggunakan dekomposisi wavelet tiga tingkat :



**Gambar 2. 13** Dekomposisi Wavelet Tiga Tingkat

Pada gambar diatas,  $y_{tinggi}[k]$  dan  $y_{rendah}[k]$  yang merupakan hasil dari *highpass filter* dan *lowpass filter*,  $y_{tinggi}[k]$  disebut sebagai koefisien DWT [10].  $Y_{tinggi}$

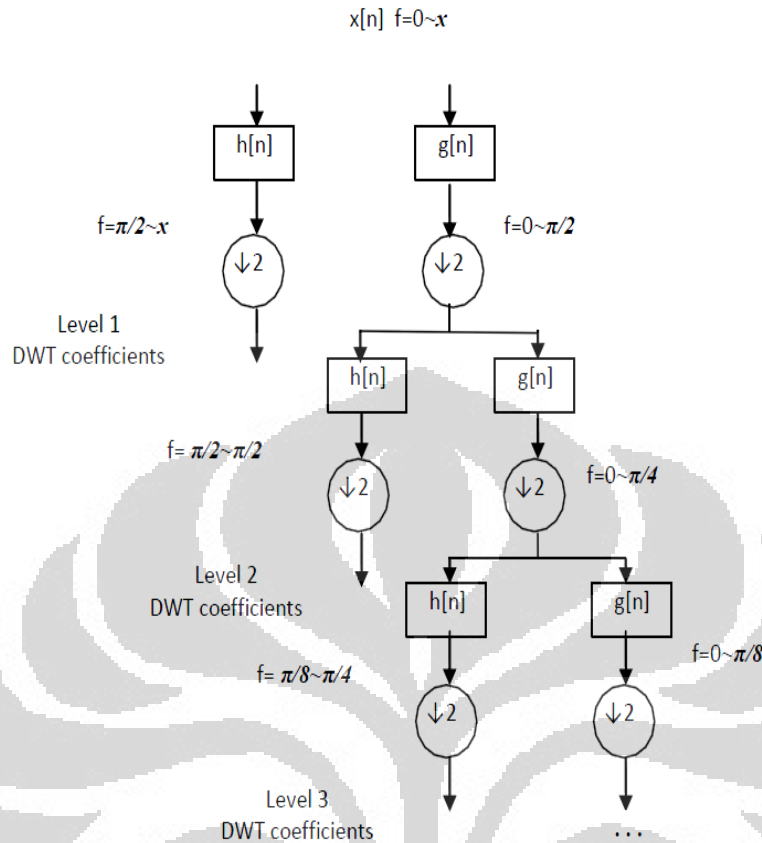


[k] merupakan detil dari informasi sinyal, sedangkan  $y_{rendah}[k]$  merupakan taksiran kasar dari fungsi penskalaan. Dengan menggunakan koefisien *DWT* ini maka dapat dilakukan proses *Inverse Discrete Wavelet transform (IDWT)* untuk merekonstruksi menjadi sinyal asal.

$$X[n] = \sum_k (y_{tinggi}[k]h[-n + 2k] + y_{rendah}[k]g[-n + 2k]) \dots \dots \dots (2.6)$$

Proses rekontruksi merupakan kebalikan dari proses dekomposisi sesuai dengan tingkatan pada proses dekomposisi.

*DWT* menganalisis sinyal pada frekuensi berbeda dengan resolusi yang berbeda melalui dekomposisi sinyal sehingga menjadi detil informasi dan taksiran kasar. *DWT* bekerja pada dua kumpulan fungsi yang disebut fungsi penskalaan dan fungsi *wavelet* yang masing- masing berhubungan dengan *lowpass filter* dan *highpass filter* [10]. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dekomposisi ini didasarkan pada aturan *Nyquist* yang salah satunya mengatakan bahwa frekuensi komponen *sample* harus kurang atau sama dengan setengah dari frekuensi *sampling*. Jadi diambil frekuensi *sample*  $\pi/2$  dari frekuensi *sampling*  $\pi$  dalam *subsample* oleh 2 pada dekomposisi *wavelet*. Sebagai penggambaran dekomposisi *wavelet* dengan sinyal asal  $x[n]$  yang memiliki frekuensi maksimum  $f = \pi$  dipaparkan pada Gambar 2.14.

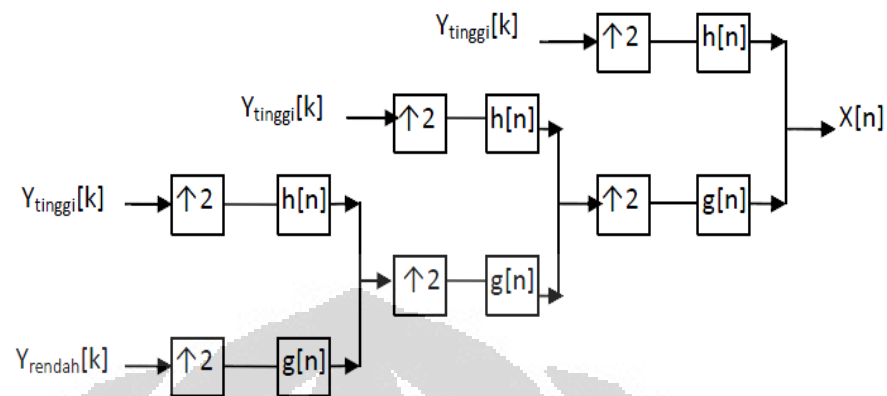


**Gambar 2. 14** Dekomposisi *Wavelet* dengan Frekuensi Sinyal Asal  $f=0 \sim \pi$

Untuk mendapatkan hasil rekonstruksi setelah didekomposisi maka langkah awal proses rekonstruksi diawali dengan menggabungkan koefisien *DWT* dari yang berada pada akhir dekomposisi dengan sebelumnya meng-*upsample* 2 ( $\uparrow 2$ ) melalui *highpass filter* dan *lowpass filter*. Proses rekonstruksi ini sepenuhnya merupakan kebalikan dari proses dekomposisi sesuai dengan tingkatan pada proses dekomposisi. Sehingga persamaan rekonstruksi pada masing-masing tingkatan dapat ditulis sbb:

$$x[n] = \sum_k (y_{tinggi}[k]h[-n + 2k] + y_{rendah}[k]g[-n + 2k]) \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Proses rekonstruksi *wavelet* untuk mendapatkan sinyal asal dengan tiga tingkatan digambarkan pada Gambar 2.15



**Gambar 2. 15** Rekonstruksi *wavelet* tiga tingkat

### 2.3.6. Metode perhitungan kualitas citra

Metode yang digunakan pada *Watermarking* digital memiliki kelebihan dan kekurangan dalam hal kualitas gambar yang dihasilkan. Cara yang dapat digunakan untuk menghitung kualitas citra yaitu dengan:

- Menghitung *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR)

PSNR merupakan perbandingan antara kualitas citra hasil rekonstruksi dengan citra asal. Semakin besar nilai PSNR, semakin baik juga kualitas sinyal yang dihasilkan.

Untuk menghitung PSNR, pertama kali kita harus menghitung nilai *Mean Squared Error* (MSE) dari suatu citra hasil rekonstruksi. *Root Mean Squared Error* (RMSE) adalah akar dari MSE.

$$MSE = \frac{\sum [f(i,j) - F(i,j)]^2}{N^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

N menyatakan hasil perkalian panjang dan lebar citra dalam piksel.  $F(i,j)$  merupakan citra hasil rekonstruksi, sedangkan  $f(i,j)$  adalah citra asal. Nilai PSNR dinyatakan dalam skala *decibel* (dB).

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \left[ \frac{255^2}{\text{MSE}} \right] \dots\dots\dots (2.9)$$

## 2.4. MATLAB

Matlab merupakan salah satu bahasa pemrograman dengan unjuk kinerja tinggi (*high-performance*) untuk komputasi teknis, yang mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman didalam lingkungan yang mudah penggunaannya dalam memecahkan persoalan dengan solusinya yang dinyatakan dengan notasi matematika [3]. Penggunaan MATLAB, yaitu:

- Matematika dan komputasi
- Pengembangan algoritma
- Pemodelan, simulasi dan pembuatan '*prototype*'
- Analisa data, eksplorasi dan visualisasi
- Grafik untuk sains dan teknik
- Pengembangan aplikasi, termasuk pembuatan antarmuka grafis untuk pengguna (*Graphical User Interface*)

MATLAB adalah sebuah sistem interaktif yang menggunakan elemen data dasarnya adalah *array* yang tidak membutuhkan dimensi. Hal ini mempermudah anda untuk menyelesaikan masalah komputasi, terutama yang menyangkut matriks dan vektor. MATLAB merupakan singkatan dari '*matrix laboratory*'. Pada awalnya MATLAB dibuat untuk mempermudah pengembangan perangkat lunak berbasis matriks oleh proyek LINPACK dan EISPACK.

Fitur-fitur MATLAB untuk menyelesaikan spesifik disebut '*toolboxes*'. '*toolboxes*' adalah koleksi komprehensif dari fungsi-fungsi MATLAB (*M-files*) yang memperlebar lingkungan MATLAB dalam menyelesaikan kelas-kelas tertentu dari permasalahan. Beberapa '*toolboxes*' yang tersedia meliputi bidang: pengolahan sinyal, sistem kendali, jaringan syaraf (*neural network*), logika '*fuzzy*', *wavelet*, simulasi dan lain sebagainya [3].

#### 2.4.1. GUIDE MATLAB

GUIDE atau *GUI Builder* merupakan sebuah *Graphical User Interface (GUI)* yang dibangun dengan objek grafis seperti tombol (*pushbutton*), *edit*, *slider*, *text*, *combo*, sumbu (*axes*), maupun menu dan lain-lain untuk kita gunakan. Aplikasi yang menggunakan GUI umumnya lebih mudah dipelajari dan digunakan karena orang yang menjalankannya tidak perlu mengetahui perintah yang ada dan bagaimana perintahnya bekerja. MATLAB merintis ke arah pemrograman yang menggunakan GUI dimulai dari MATLAB versi 5, yang terus disempurnakan hingga sekarang.

GUIDE MATLAB memiliki banyak keunggulan tersendiri, antara lain :

1. GUIDE MATLAB cocok untuk aplikasi-aplikasi berorientasi sains.
2. MATLAB memiliki banyak fungsi *built-in* yang siap digunakan dan pemakai tidak perlu repot membuatnya sendiri
3. Ukuran file, baik *Fig-file* maupun *M-file* yang dihasilkan relatif kecil.
4. Kemampuan grafisnya cukup handal dan tidak kalah dengan bahasa pemrograman lainnya.

#### 2.4.2. Aplikasi M-file

Pada saat membuat program GUI, MATLAB membuat program aplikasi berupa *M-file* yang menyediakan kerangka untuk mengontrol GUI. Kerangka ini dapat membantu membuat program menjadi lebih efisien dan sempurna. Fungsi *M-file* mirip dengan script *M-file* dimana keduanya merupakan *file* teks dengan ekstensi dot m (.m). sebagaimana script *M-file*, fungsi *M-file* tidak dimasukkan ke dalam *windows command*, tetapi merupakan suatu file tersendiri yang dibuat dengan editor teks. Fungsi *M-file* menyediakan cara sederhana untuk menambah kemampuan MATLAB, bahkan banyak fungsi standar MATLAB yang merupakan fungsi *M-file*.

## BAB 3 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

### Implementasi dan Algoritma *Watermarking* pada Citra Digital

#### 3.1. Sarana Implementasi

Untuk mengimplementasikan algoritma ini peneliti menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak berikut ini :

##### 3.1.1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang peneliti gunakan berupa seperangkat komputer personal (PC) yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Spesifikasi Perangkat Keras

Jenis Perangkat	Spesifikasi
Prosesor	Intel(R) Pentium (R) D CPU 2.80 GHz.
RAM	2.50 GB
<i>Hardisk</i>	80 GB
VGA	NVIDIA Geforce 9400 GT

##### 3.1.2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan oleh penulis didalam implementasi algoritma ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem Operasi Windows 7 dari *Microsoft Inc.*
2. Matlab 2009 dari *MathWorks Inc*

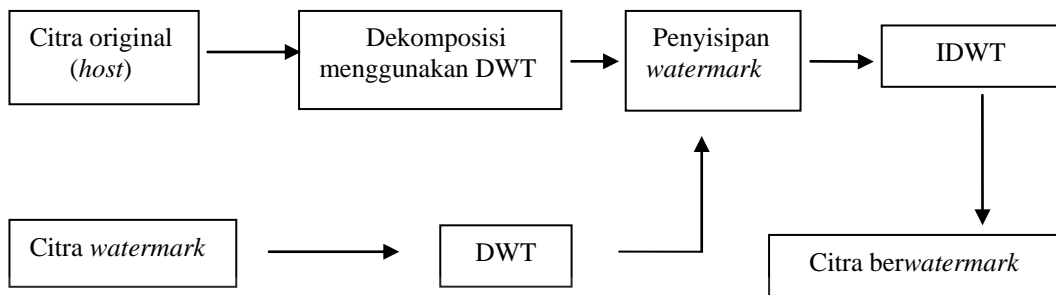
### 3.2. Algoritma Watermarking

*Watermarking* bertujuan untuk menyisipkan suatu data atau informasi yang bersifat rahasia kedalam media digital agar data atau informasi tersebut tidak diketahui oleh orang-orang yang tidak bertanggung jawab. Media digital yang akan digunakan pada penelitian ini adalah citra atau *image*. *Watermark* adalah suatu data atau informasi yang bersifat rahasia yang akan disisipkan kedalam citra digital yang akan disisipkan. Ada dua jenis *watermark* yang dapat digunakan yaitu teks dan citra. Pada *watermark* dengan jenis teks, biasanya menggunakan nilai-nilai ASCII dari masing-masing karakter dalam teks yang kemudian dipecah atas *bit-per-bit*. Kelemahan pada *watermark* jenis ini adalah kesalahan pada satu bit saja akan menghasilkan hasil yang berbeda dengan teks asli yang sebelum disisipi. Sedangkan pada *watermark* dengan jenis citra atau *image*, kesalahan pada beberapa *bit* masih dapat memberikan persepsi hasil yang sama dengan citra aslinya. Kelemahan *watermark* pada jenis ini adalah memiliki jumlah data yang cukup besar. Dilihat dari keunggulan dan kelemahan kedua jenis *watermark* tersebut, maka pada percobaan ini *watermark* yang dipilih adalah pada jenis citra. Pada bab ini akan dibahas bagaimana algoritma *watermarking* pada citra digital menggunakan metode transformasi *wavelet* diskrit.

#### 3.2.1. Pembentukan citra terwatermark

Pada tahapan dalam penyisipan *watermark* menggunakan transformasi *wavelet* diskrit (DWT), *original image* atau citra asli ditransformasikan kedalam koefisien-koefisien aproksimasi cA, dan koefisien detil cH, cV, cD. Begitu pula pada citra *watermark* dilakukan proses transformasi dengan menggunakan DWT. Setelah itu citra *watermark* akan dilakukan proses penyisipan ke dalam koefisien pada citra asli dan pada proses selanjutnya untuk mendapatkan citra yang terwatermark dilakukan proses pembalikan menggunakan *invers* DWT (IDWT).

Berikut adalah proses pembentukan citra berwatermark yang dipresentasikan dengan *flow chart* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



**Gambar 3. 1** Proses pembentukan citra berwatermark

Berikut adalah proses algoritma pengerjaan dari pembentukan citra ter-watermark , yaitu :

1. Pemilihan citra asli (*original*)

Pemilihan citra asli dengan pemilihan gambar yang digunakan dapat berupa format *true color* (RGB) atau *grayscale* (keabuan). Pada pembentukan *watermarking* pada penelitian ini hanya digunakan citra pada domain *grayscale*, sehingga bila citra yang digunakan adalah citra RGB maka citra terlebih dahulu harus dirubah ke dalam bentuk citra *grayscale* untuk dapat diproses selanjutnya. Pada Gambar 3.2 adalah salah satu contoh perubahan citra RGB ke bentuk citra *grayscale*.



**Gambar 3. 2** Citra asli RGB ke bentuk *grayscale*

2. Pemilihan gambar *watermark*

Universitas Indonesia



Pemilihan citra *watermark* resolusinya harus lebih kecil dibandingkan dengan resolusi gambar citra asli. Pada penelitian ini, citra *watermark* atau citra yang akan disisipi berukuran 64 x 64. Semakin kecil ukuran citra *watermark* yang disisipkan, maka semakin baik citra ter*watermark* yang dihasilkan dari hasil proses rekonstruksi. Citra *watermark* sendiri menggunakan citra RGB dengan format PNG *image*. Jadi pada citra *watermark* tersebut harus dirubah ke bentuk *grayscale* juga. Gambar 3.3 adalah gambar *watermark* yang akan disisipkan :

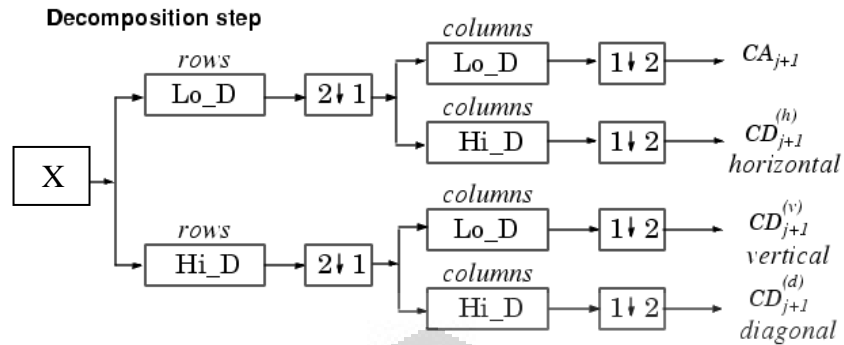


**Gambar 3. 3** Citra *Watermark*

3. Mendekomposisi citra *original* atau citra asli yang akan disisipi oleh gambar *watermark*.

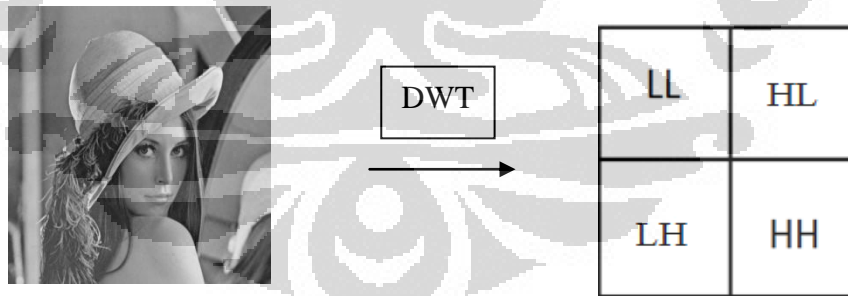
Pada penelitian ini setelah citra asli dipilih atau ditentukan, maka tahap berikutnya adalah mendekomposisikan citra asli menggunakan DWT dan untuk filter keluarga *wavelet* yang digunakan dapat ditentukan sesuai pilihan dan pada penelitian ini menggunakan diskrit meyer, daubechies, haar dan symlet. Penelitian ini akan membandingkan kualitas dari keluarga *wavelet* mana yang baik untuk digunakan. Tahap ini adalah langkah pertama yang harus dilakukan untuk dapat menyisipkan *watermark* kedalam citra asli.

Pada proses ini citra yang digunakan adalah citra 2 dimensi. Proses dekomposisi dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama proses dekomposisi dilakukan pada seluruh baris, kemudian tahap kedua pada citra hasil tahap pertama dilakukan proses dekomposisi dalam arah kolom.



**Gambar 3. 4** Transformasi *wavelet* 2 dimensi satu level

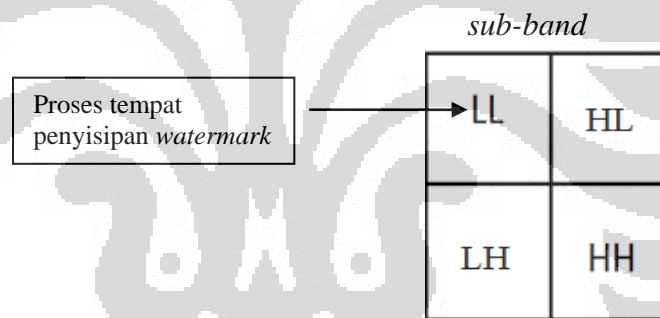
Pada Gambar 3.4 citra masukan diasumsikan dengan  $CA_j$ . Blok Lo\_D melambangkan *lowpass filter*, sedangkan Hi\_D melambangkan *highpass filter*. Tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan operasi konvolusi terhadap baris-baris citra untuk selanjutnya di lakukan *downsampling* dengan faktor 2. Tahap berikutnya adalah melakukan kembali konvolusi terhadap kolom-kolom pada koefisien citra keluaran dari langkah pertama. Hasil dari tahap dekomposisi di atas berupa *sub-band – sub-band* yang terdiri dari LL (cA), LH (cH), HL (cV), dan HH (cD).



**Gambar 3. 5** Dekomposisi citra asli

*Sub-band* LL menyatakan bagian koefisien yang diperoleh melalui proses filter *Low pass* dilanjutkan dengan *Low pass*. Citra pada bagian ini mirip dan merupakan versi lebih halus dari citra aslinya sehingga koefisien pada bagian LL

sering disebut dengan **komponen aproksimasi (cA)**. LH menyatakan bagian koefisien yang diperoleh melalui proses filter *Low pass* kemudian dilanjutkan dengan *High pass*. Koefisien pada bagian ini menunjukkan citra tepi dalam arah horizontal (cH). Bagian HL menyatakan bagian yang diperoleh melalui proses filter *High pass* kemudian dilanjutkan dengan *Low pass*. Koefisien pada bagian ini menunjukkan citra tepi dalam arah vertical (cV). HH menyatakan proses yang diawali dengan filter *High pass* dan dilanjutkan dengan *High pass*, dan menunjukkan citra tepi dalam arah diagonal (cD). Ketiga komponen LH, HL, dan HH disebut juga **komponen detail**. Pada penelitian ini Setelah dilakukan proses dekomposisi, kemudian dilakukan pemilihan satu *sub-band* dari empat *sub-band* yang terbentuk dari bagian citra asli. *Sub-band* yang dipilih adalah *sub-band* pada bagian frekuensi rendah LL, yaitu pada koefisien aproksimasi (cA). *sub-band* yang dipilih (LL) berfungsi untuk tempat proses penyisipan citra *watermark*.



**Gambar 3. 6** *Sub-band* bagian proses penyisipan *watermark*

Sebelum citra *watermark* dapat disisipkan, dilakukan proses dekomposisi dengan DWT pada citra *watermark*. Proses DWT pada *watermark* sama halnya dengan proses pada citra asli yang bertujuan untuk mendapatkan koefisien aproksimasi dan koefisien detailnya. Begitu pula dengan citra *watermark* dipilih salah satu *sub-band* dari 4 *sub-band* yang terbentuk yaitu dipilih pada *sub-band* bagian Koefisien aproksimasi pada citra *watermark*.

#### 4. Menyisipkan gambar *watermark* kedalam citra asli

Setelah citra asli dan citra *watermark* di dekomposisikan dengan DWT, maka tahap selanjutnya adalah menyisipkan citra *watermark* ke dalam citra asli. Pemilihan koefisien aproksimasi dari citra asli dan citra *watermark* berfungsi untuk digunakan dalam proses *mixing*. Pada proses *mixing*, koefisien penggabungan pada koefisien aproksimasi citra asli ditambahkan dengan perkalian antara alpha ( $\alpha$ ) dengan koefisien aproksimasi citra *watermark*. Proses ini mendapatkan koefisien aproksimasi baru dari citra asli. Di asumsikan algoritma proses penyisipan *watermark* kedalam citra asli pada penelitian ini dapat dituliskan sebagai berikut:

```

cA3 (i, j) = cA1 (i, j) +  $\alpha$  * cA2 (i, j);
%dimana cA3 (i, j) adalah koefisien aproksimasi baru dari
citra asli
cA1 (i, j) adalah koefisien aproksimasi citra asli
cA2 (i, j) adalah koefisien aproksimasi citra
watermark

```

#### 5. Mentransformasi balik koefisien dari citra asli yang telah disisipkan *watermark*

Setelah proses penyisipan koefisien aproksimasi dari *watermark* kedalam koefisien aproksimasi citra asli maka langkah selanjutnya adalah mentransformasikan balik koefisien-koefisien dari citra asli yang telah disisipkan *watermark* menggunakan *invers* DWT atau disebut IDWT. Algoritma pentransformasian balik dengan IDWT adalah sebagai berikut:

```

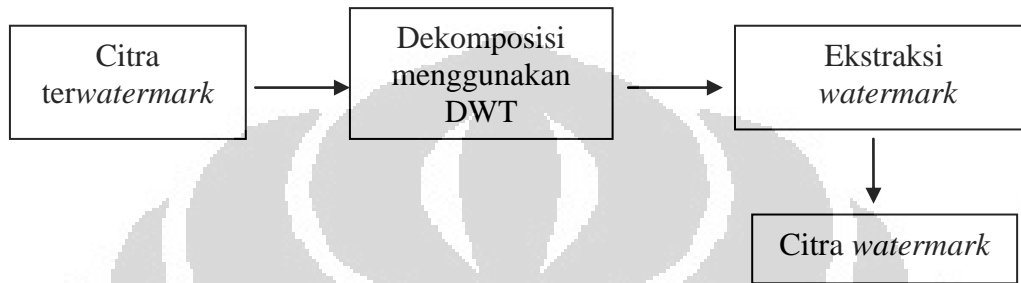
Citra terwatermark = idwt2 (cA3, cH, cV, cD, 'dmey');
% ca3 adalah koefisien aproksimasi baru dari citra asli
setelah pross peyisipan watermark

```

#### 6. Menampilkan gambar yang terwatermark.

### 3.2.2. Pengekstrakan Citra Terwatermark

Setelah mendapatkan gambar yang terwatermark, proses selanjutnya adalah proses pengekstrakan *watermark*. Proses ini berfungsi untuk mendapatkan kembali citra *watermark* dari citra yang telah terwatermark.



**Gambar 3.7** Proses pengekstrakan *watermark*

Algoritma untuk proses pengekstrakan citra terwatermark adalah sebagai berikut :

1. Baca atau pilih gambar citra asli

Pada tahap ini dilakukan pemanggilan citra asli, karena pengekstrakan pada penelitian ini diperlukan citra asli dan citra terwatermark untuk dapat mendeteksi citra *watermark*nya.

2. Baca atau pilih citra yang telah terwatermark

Tahap ini dilakukan untuk menentukan gambar mana yang akan dilakukan untuk pendeteksian *watermark*. Karena pada penelitian ini pada setiap pengujian dengan keluarga *wavelet* akan tersimpan gambar terwatermarknya di direktori MATLAB. Jadi penelitian ini harus menentukan gambar terwatermark dari jenis keluarga *wavelet* mana yang akan diekstraksi untuk menentukan gambar *watermark*nya.

3. Pendekomposisian Citra yang terwatermark menggunakan DWT.

Pada proses ini dilakukan transformasi citra terwatermark dengan DWT berdasarkan jenis *wavelet* yang telah ditentukan. Proses ini berfungsi untuk

mendapatkan kembali koefisien-koefisien dari citra yang *terwatermark*. Algoritma pendekomposisian kembali citra yang *terwatermark* sebagai berikut :

```
[cA4 cH4 cV4 cD4] = dwt2(cT,'dmey');
% dimana cT di inisialisasikan sebagai citra terwatermark.
cT didekomposisikan dengan DWT sehingga menghasilkan
koefisien-koefisien cA4, cH4, cV4, cD4.
```

#### 4. Menentukan koefisien aproksimasi

Pada pendekomposisian citra *ter-watermark* menggunakan DWT berfungsi untuk mendapatkan koefisien aproksimasinya. Setelah citra *terwatermark* didekomposisi dan mendapatkan koefisien-koefisiennya, kemudian dapat ditentukan Koefisien aproksimasi dari citra *terwatermark* yaitu  $cA4$ .

#### 5. Mencari koefisien citra *watermark*

Pada tahap ini adalah proses mencari kembali koefisien *watermark* dari proses transformasi citra *terwatermark* dengan DWT. Proses ini memerlukan koefisien aproksimasi dari citra *terwatermark* dan citra aslinya. Koefisien *watermark* didapat dari selisih antara koefisien citra *terwatermark* dengan koefisien awal citra asli dibagi dengan ( $\alpha$ ) nya, sehingga akan mendapat koefisien aproksimasi citra *watermark*nya.

Algoritma mendapatkan koefisien aproksimasi citra *watermark* dapat dituliskan sebagai berikut:

```
cA2 (i,j) = (cA4(i,j)-cA1(i,j))/k;
%dimana cA2 adalah koefisien aproksimasi dari citra watermark.
cA4 adalah koefisien aproksimasi dari citra
terwatermark.
cA1 adalah koefisien aproksimasi dari citra asli.
```

#### 6. Merekonstruksi koefisien aproksimasi dan koefisien *watermark*

Setelah mendapatkan kembali koefisien aproksimasi dari *watermark* maka selanjutnya adalah merekonstruksi kembali koefisien aproksimasi dan koefisien detail *watermark* yang didapat menggunakan IDWT.

7. Membuat matriks *watermark*

Setelah diinvers dengan IDWT maka akan didapat vektor *watermark* terekstrak. Setelah itu mengubah vektor *watermark* terekstrak menjadi matriks *watermark* terekstrak dengan ukuran *watermark* sebelum disisipi (*watermark* asli).

8. Menampilkan citra *watermark* dari hasil pengekstrakan.



## BAB 4

### SIMULASI DAN ANALISIS

Dalam penelitian tugas akhir ini citra asli yang digunakan adalah citra *grayscale*. Pada pemilihan citra *true color* (RGB), baik citra asli maupun citra *watermarknya* harus dirubah dahulu ke dalam bentuk domain citra *grayscale*, karena pada penelitian tugas akhir ini domain yang digunakan pada bahasa pemrograman MATLAB adalah domain *grayscale*. Untuk keluarga *wavelet* yang digunakan dapat ditentukan sesuai pilihan diantaranya keluarga *wavelet* yang digunakan adalah diskrit meyer, daubechies, haar dan symlet. Gambar 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4 merupakan citra asli yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.

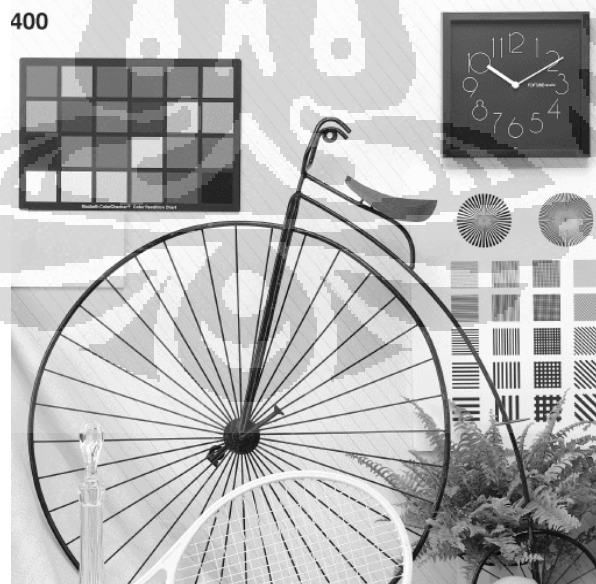


**Gambar 4. 1** Lena





**Gambar 4. 2** Kupu-kupu



**Gambar 4. 3.** Sepeda

**Universitas Indonesia**



**Gambar 4. 4** Pepper

Pada citra-citra tersebut memiliki dimensi yang sama yaitu 512 x 512 piksel dengan format *Joint Photographic Experts Group (JPEG)*.

#### **4.1. Analisis terhadap citra *watermark***

Pada sub bab ini dianalisis bagaimana pemilihan citra *watermark* yang baik untuk dapat dilakukan proses penyisipan terhadap citra asli dengan membandingkan dimensi dari beberapa ukuran citra *watermark*. Pada pengujian ini proses transformasi citra asli dilakukan dengan menggunakan transformasi *wavelet* diskrit dengan filter diskrit meyer pada dekomposisi satu level. Pada Gambar 4.5, citra *watermark* yang digunakan adalah sebagai berikut:



**Universitas Indonesia**

### Gambar 4.5 Citra watermark

**Tabel 4.1** Pengujian citra *watermark* dengan dimensi yang berbeda

No.	Dimensi watermark	Citra	MSE	PSNR
1	128 X 128	Lena.jpg	2.1651	44.7759
		kupu-kupu.jpg	2.5773	44.0192
		pepper.jpg	2.6449	43.9067
		sepeda.jpg	3.7215	42.4236
2	64 X 64	Lena.jpg	2.0168	45.0843
		kupu-kupu.jpg	2.5349	44.0912
		pepper.jpg	2.4930	44.1636
		sepeda.jpg	3.4964	42.6945
3	32 X 32	Lena.jpg	1.8701	45.4122
		kupu-kupu.jpg	2.3420	44.4349
		pepper.jpg	2.2777	44.5559
		sepeda.jpg	3.2103	43.0654
4	16 X 16	Lena.jpg	1.5372	46.2635
		kupu-kupu.jpg	1.9171	45.3044
		pepper.jpg	1.8710	45.4100
		sepeda.jpg	2.5838	44.0082

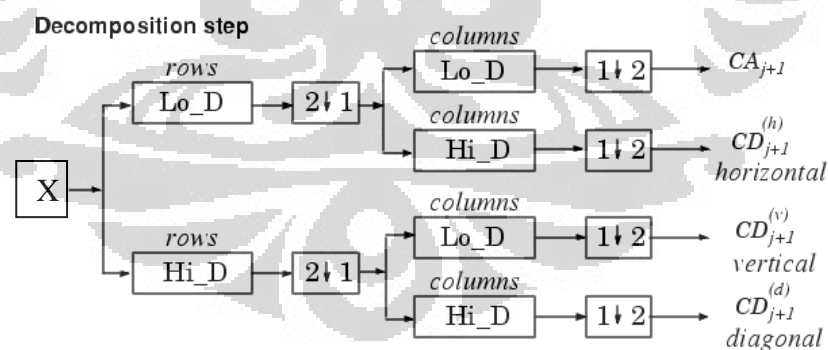
Pada Tabel 4.1 dapat dilihat hasil percobaan pengujian penyisipan citra *watermark* dengan dimensi yang berbeda terhadap beberapa jenis citra asli. Dari hasil pengujian citra *watermark* didapatkan bahwa penyisipan *watermark* dari empat dimensi yang berbeda masing-masing memiliki kualitas citra terwatermark yang baik. Hal ini dapat dilihat dari nilai MSE dan PSNR yang cukup tinggi. Nilai MSE yang baik adalah mendekati nol dan PSNR yang baik adalah mendekati tak hingga. Penyisipan *watermark* pada dimensi yang paling kecil 16 x 16 dengan citra yang digunakan adalah citra 'lena' yang memberikan nilai MSE yang paling baik yaitu sebesar 1.5372 dan PSNR sebesar 46.2635 db. Kualitas citra yang paling kecil dari percobaan ini adalah dengan menyisipkan citra *watermark* pada dimensi 128 x 128 piksel, dengan nilai MSE dan PSNR sebesar 2.1651 dan 44.7759 db untuk citra yang sama (citra 'lena'). Dari hasil percobaan pada tabel 4.1 dapat dilihat bahwa semakin kecil citra *watermark* yang digunakan maka semakin baik kualitas citra yang

**Universitas Indonesia**

terwatermarknya. Pada citra *watermark* dengan dimensi 16 x 16 memiliki kualitas citra terwatermark yang paling baik, tetapi pada dimensi ini citra *watermark* tidak tahan terhadap proses pengolahan citra sehingga citra *watermark* hasil pengekstrakan rusak atau tidak terbaca. Untuk citra *watermark* dengan dimensi 32 x 32 piksel, citra *watermark* hasil ekstraksi masih dapat dibaca namun tidak terlalu baik. Pada citra *watermark* dengan dimensi 64 x 64 piksel dan 128 x 128 piksel memberikan citra *watermark* hasil ekstraksi yang cukup baik. Namun, citra *watermark* dengan dimensi 128 x 128 piksel memiliki ukuran yang cukup besar sehingga bila *watermark* tersebut disisipkan pada citra asli yang memiliki tekstur dan gradiasi warna yang rendah maka akan lebih mudah terdeteksi dibanding dengan citra *watermark* dengan dimensi 64 x 64. Oleh karena itu, citra *watermark* dengan dimensi 64 x 64 dipilih untuk digunakan pada percobaan selanjutnya.

#### 4.2. Analisa perbandingan dekomposisi pada citra asli

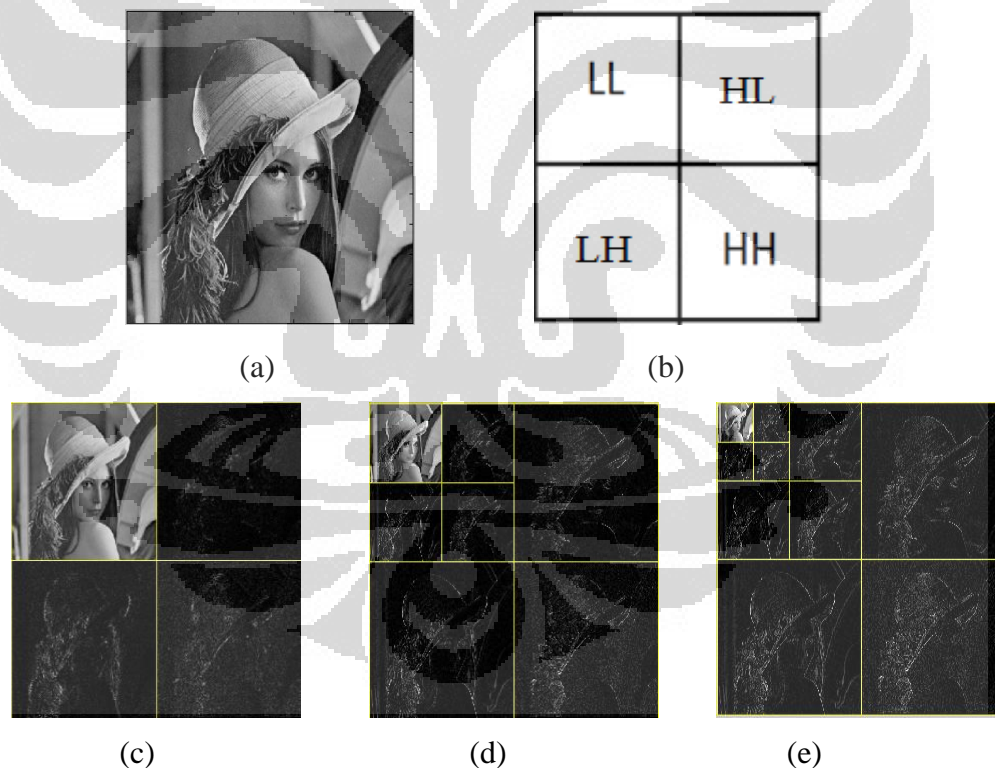
Dekomposisi pada citra asli yang dimulai dengan melakukan dekomposisi terhadap baris dari data citra yang di ikuti dengan proses dekomposisi terhadap kolom pada koefisien citra keluaran dari tahap pertama. Pada Gambar 4.6 adalah tahapan dekomposisi wavelet tingkat 1;



**Gambar 4. 6** Tahapan dekomposisi wavelet tingkat 1

Citra masukan diinterpretasikan sebagai sinyal, didekomposisikan menggunakan *Lo\_D* (*Low Pass Filter decomposition*) dan *Hi\_D* (*High Pass Filter*

*Decomposition*) kemudian dilakukan *downsampling* dua. Keluarannya berupa sinyal frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Kedua proses frekuensi tersebut dilakukan sebanyak 2 kali terhadap baris dan kolom sehingga diperoleh empat *sub-band* keluaran yang berisi informasi frekuensi rendah dan informasi frekuensi tinggi.  $c_A$  adalah koefisien aproksimasi yang memiliki informasi yang mirip dengan citra asal ( $x$ ). Sedangkan  $c_H$ ,  $c_V$ , dan  $c_D$  adalah koefisien detail yang mengandung informasi tepian dari citra asal. Pada gambar 4.6 merupakan transformasi atau dekomposisi tingkat satu. Untuk dekomposisi dengan  $n$  tingkatan, maka dekomposisi tingkat selanjutnya didapat dengan mendekomposisikan kembali koefisien aproksimasi ( $c_A$ ) menjadi *sub-band* yang lebih kecil. Gambar 4.7 adalah gambar ilustrasi hasil proses dekomposisi dengan menggunakan citra 'lena'.



**Gambar 4.7** (a) citra lena asli, (b) struktur *pyramid* satu tingkat, (c) dekomposisi lena satu tingkat, (d) dekomposisi lena dua tingkat, (e) dekomposisi lena tiga tingkat

Pada percobaan ini akan dilakukan perbandingan proses *watermarking* dengan dekomposisi pada level 1, 2, dan 3 terhadap suatu citra dengan menggunakan transformasi dari beberapa jenis keluarga *wavelet*. PSNR digunakan untuk melihat kualitas citra setelah disisipi citra *watermark*.

**Tabel 4. 2** Percobaan 1. *watermarking* dengan dekomposisi satu level

NO.	Metode	Citra	MSE	PSNR
1	diskrit meyer	Lena.jpg	2.0168	45.0843
		kupu-kupu.jpg	2.5349	44.0912
		sepeda.jpg	2.4930	44.1636
		pepper.jpg	3.4964	42.6945
2	daubechies	Lena.jpg	2.0991	44.9105
		kupu-kupu.jpg	2.6583	43.8848
		sepeda.jpg	2.6280	43.9345
		pepper.jpg	3.6530	42.5043
3	symlet	Lena.jpg	2.1407	44.8253
		kupu-kupu.jpg	2.7178	43.7886
		sepeda.jpg	2.6850	43.8414
		pepper.jpg	3.7085	42.4388
4	haar	Lena.jpg	2.2961	44.5210
		kupu-kupu.jpg	2.9321	43.4590
		sepeda.jpg	2.8617	43.5646
		pepper.jpg	3.9579	42.1562

**Tabel 4. 3** Percobaan 2. *watermarking* dengan dekomposisi dua level

NO.	Metode	Citra	MSE	PSNR
1	diskrit meyer	Lena.jpg	3.0029	43.3553
		kupu-kupu.jpg	3.2046	43.0730
		sepeda.jpg	3.1893	43.0939
		pepper.jpg	3.0440	43.2964
2	daubechies	Lena.jpg	3.1076	43.2066
		kupu-kupu.jpg	3.2956	42.9515
		sepeda.jpg	3.7966	42.3501
		pepper.jpg	3.1625	43.1305
3	symlet	Lena.jpg	2.9952	43.3666
		kupu-kupu.jpg	3.1840	43.1011
		sepeda.jpg	3.1825	43.1031

		pepper.jpg	3.0505	43.2871
4	haar	Lena.jpg	3.5113	42.6761
		kupu-kupu.jpg	3.8281	42.3009
		sepeda.jpg	3.8288	42.3007
		pepper.jpg	3.6770	43.1305

**Tabel 4. 4** Percobaan 3. *watermarking* dengan dekomposisi tiga level

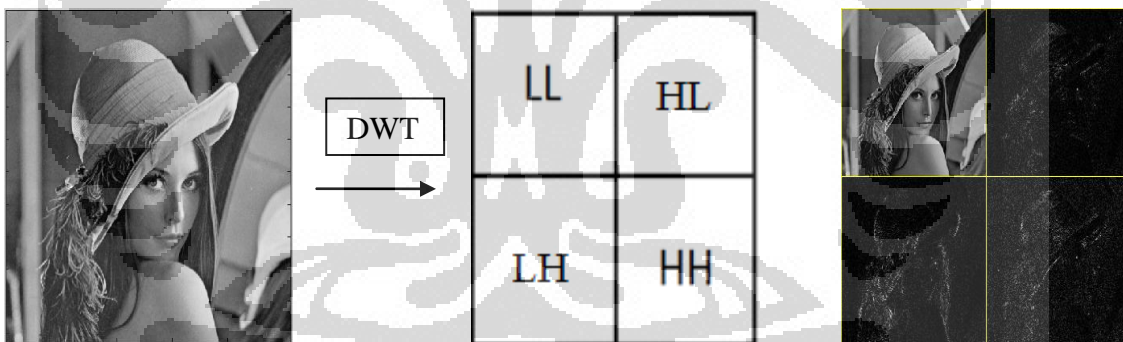
NO.	Metode	Citra	MSE	PSNR
1	diskrit meyer	Lena.jpg	3.1047	43.2106
		kupu-kupu.jpg	3.8344	42.2938
		sepeda.jpg	3.7654	42.3727
		pepper.jpg	3.5183	42.6675
2	daubechies	Lena.jpg	3.1938	43.0877
		kupu-kupu.jpg	3.9306	42.1862
		sepeda.jpg	3.8516	42.2744
		pepper.jpg	3.6082	42.5578
3	symlet	Lena.jpg	3.1762	43.1118
		kupu-kupu.jpg	3.9085	42.2107
		sepeda.jpg	3.8298	42.2990
		pepper.jpg	3.5608	42.6154
4	haar	Lena.jpg	3.6167	42.5477
		kupu-kupu.jpg	4.2905	41.8058
		sepeda.jpg	4.2015	41.8968
		pepper.jpg	3.9241	42.1934

Hasil pada percobaan dekomposisi 1, 2, dan 3 ditunjukkan pada Tabel 4.2, 4.3, dan 4.4. Kualitas citra terwatermark pada dekomposisi satu level mempunyai nilai PSNR yang paling baik dibandingkan dengan dekomposisi pada level 2 dan level 3. Hal ini terlihat dengan membandingkan nilai PSNR dari masing-masing dekomposisi, sesuai dengan citra yang sama. Namun, secara visual citra terwatermark tidak berbeda pada masing-masing dekomposisi. Hal ini dapat dilihat hasil gambar citra terwatermark pada lampiran 7 (hal. 76). Pada percobaan 1, 2 dan 3 terlihat citra 'lena' pada dekomposisi satu level memiliki nilai PSNR paling baik dengan nilai PSNR sebesar 45.0843. Kualitas citra yang terwatermark berdasarkan nilai PSNR dari percobaan yang telah dilakukan didapat bahwa semakin rendah tingkat dekomposisi maka semakin baik nilai kualitas citra terwatermarknya. Karena setiap

proses perubahan pada citra akan terjadi *error* atau perubahan piksel dari citra tersebut. Dari hasil yang diperoleh, maka dekomposisi pada satu level digunakan untuk percobaan selanjutnya.

#### 4.3. Analisa Perbandingan Penyisipan *Watermark* antar *Sub-band*

Pada dasarnya citra asli yang disisipkan oleh *watermark* ditransformasi ke dalam empat *sub-band* yaitu LL, LH, HL, dan HH. Sub-band LL adalah koefisien aproksimasi atau perkiraan kasar dari citra asli. *Sub-band* LH dan HL merekam perubahan pada citra sepanjang arah horizontal dan vertikal secara berurutan. *Sub-band* HH menunjukkan komponen frekuensi tinggi pada citra asli. *Sub-band* HL, LH, dan HH disebut juga koefisien detil. Setiap *sub-band* tersebut mempunyai karakteristik citra yang berbeda satu sama lain, hal ini disebabkan oleh ukuran matriks piksel yang berbeda dari setiap *sub-band*. Gambar 4.8 memperlihatkan dekomposisi citra dengan DWT satu level menjadi empat *sub-band*.



**Gambar 4. 8** Dekomposisi citra dengan DWT satu level

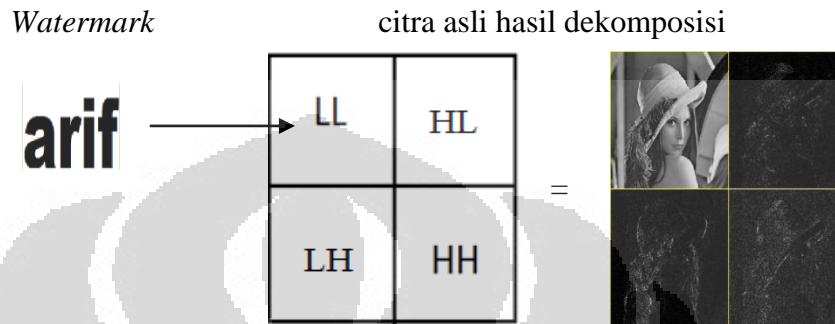
Pada percobaan ini, dilakukan analisa perbandingan penyisipan citra *watermark* antar sub-band dengan dekomposisi satu level. Citra *watermark* disisipkan pada *sub-band* LL, LH, HL, dan HH. Pada penelitian ini salah satu parameter yang digunakan *watermarking* untuk melihat kualitas citra asli setelah disisipkan citra *watermark* adalah dengan menghitung nilai PSNR.

1. Penyisipan *watermark* pada *sub-band* LL ( koefisien aproksimasi)

**Universitas Indonesia**



Percobaan ini citra asli didekomposisi dengan dwt satu level, kemudian citra *watermark* disisipkan pada bagian *sub-band* LL atau koefisien aproksimasi pada citra asli. Setelah citra asli disisipi *watermark* kemudian di rekontruksi kembali dengan IDWT menjadi gambar citra ter*watermark*.



**Gambar 4. 9** Penyisipan *watermark* pada *sub-band* LL

Untuk mengetahui kualitas citra ter*watermark* yang telah disisipkan pada *sub-band* LL, dilakukan perhitungan secara objektif dengan PSNR dan MSE. Tabel 4.5 dapat memperlihatkan kualitas hasil penyisipan *watermark* pada *sub-band* LL.

**Tabel 4. 5** Pengujian penyisipan *watermark* pada *sub-band* LL

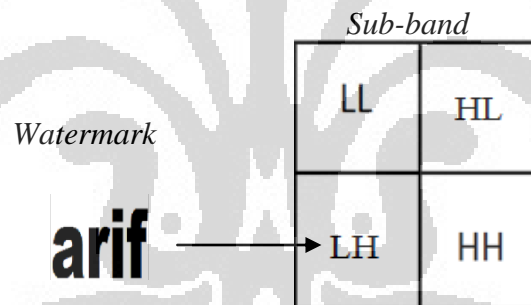
NO.	Metode	Citra	MSE	PSNR
1	diskrit meyer	Lena.jpg	2.0168	45.0843
		kupu-kupu.jpg	2.5349	44.0912
		sepeda.jpg	3.4964	42.6945
		pepper.jpg	2.4930	44.1636
2	daubechies	Lena.jpg	2.0991	44.9105
		kupu-kupu.jpg	2.6583	43.8848
		sepeda.jpg	3.6530	42.5043
		pepper.jpg	2.6280	43.9345
3	symlet	Lena.jpg	2.1407	44.8253
		kupu-kupu.jpg	2.7178	43.7886
		sepeda.jpg	3.7085	42.4388
		pepper.jpg	2.6850	43.8414
4	haar	Lena.jpg	2.2961	44.5210
		kupu-kupu.jpg	2.9321	43.4590
		sepeda.jpg	3.9579	42.1562

		pepper.jpg	2.8627	43.5646
--	--	------------	--------	---------

Dari percobaan Tabel 4.5 dengan menggunakan beberapa jenis keluarga *wavelet*, nilai PSNR berkisar antara 42-45 db. Hal tersebut menandakan citra yang dihasilkan dari proses penyisipan *watermark* tidak berbeda jauh dengan citra aslinya, dikarenakan skala dari PNSR itu sendiri berkisar 50 db yang merupakan nilai PNSR yang tinggi. Terlihat PNSR yang paling baik dari keluarga *wavelet* adalah menggunakan diskrit meyer dan citra yang di uji dengan nilai PSNR yang paling baik adalah citra ‘Lena’. Hal tersebut dikarenakan karakteristiknya diskrit meyer lebih kompleks dibanding dengan keluarga *wavelet* yang lain.

## 2. Penyisipan *watermark* pada *sub-band* LH

Percobaan ini citra *watermark* disisipkan pada koefisien detail (LH) dari citra asli. Tabel 4.6 memperlihatkan kualitas citra ter*watermark* dari hasil penyisipan *watermark* pada *sub-band* LH.



**Gambar 4. 10** Penyisipan *watermark* pada *sub-band* LH

**Tabel 4. 6** Pengujian penyisipan *watermark* pada *sub-band* LH

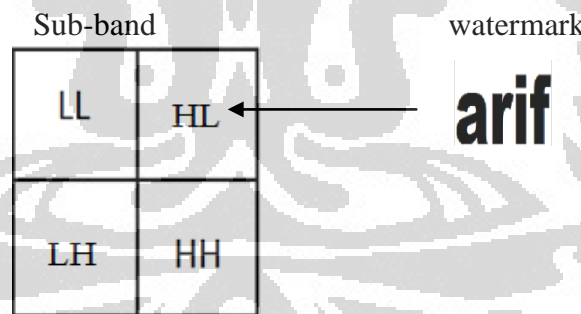
NO.	Metode	Citra	MSE	PSNR
1	diskrit meyer	Lena.jpg	4.3936	41.7026
		kupu-kupu.jpg	4.3935	41.7027
		pepper.jpg	4.3933	41.7029
		sepeda.jpg	4.3831	41.7130
2	daubechies	Lena.jpg	4.5026	41.5962
		kupu-kupu.jpg	4.5027	41.5961
		pepper.jpg	4.5022	41.5966
		sepeda.jpg	4.4984	41.6002

3	symlet	Lena.jpg	4.6223	41.4823
		kupu-kupu.jpg	4.6224	41.4822
		pepper.jpg	4.6219	41.4826
		sepeda.jpg	4.6187	41.4856
4	haar	Lena.jpg	4.7935	41.3243
		kupu-kupu.jpg	4.7936	41.3242
		pepper.jpg	4.7932	41.3246
		sepeda.jpg	4.7894	41.3280

Dari Tabel 4.6 dapat dilihat penyisipan *watermark* pada sub-band LH terjadi penurunan nilai PSNR dibanding dengan penyisipan *watermark* yang dilakukan pada sub-band LL, karena setiap *sub-band* mempunyai karakteristik citra yang berbeda satu sama lain. Hal ini disebabkan oleh ukuran matriks piksel yang berbeda dari setiap *sub-band*. Nilai PSNR pada tabel 4.6 memiliki nilai PSNR berkisar 41 db. Terlihat PNSR yang paling baik dari beberapa keluarga *wavelet* adalah menggunakan diskrit meyer dengan citra ‘sepeda’ yang memiliki nilai PSNR sebesar 41.7130.

### 3. Penyisipan *watermark* pada sub-band HL

Percobaan ini citra *watermark* disisipkan pada koefisien detail (HL) dari citra asli. Tabel 4.7 dapat memperlihatkan kualitas hasil penyisipan *watermark* pada sub-band HL.



**Gambar 4. 11** penyisipan *watermark* pada sub-band HL

**Tabel 4. 7** Penyisipan *watermark* pada sub-band HL

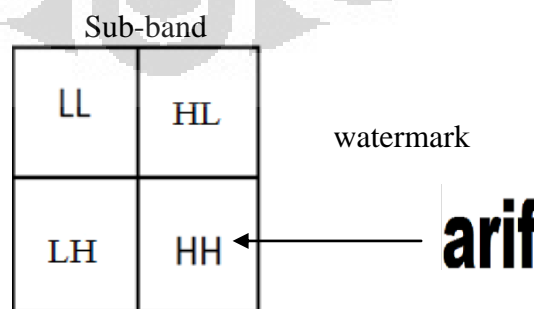
NO.	Metode	Citra	MSE	PSNR
1	diskrit meyer	Lena.jpg	4.3992	41.7040
		kupu-kupu.jpg	4,3921	41.7041
		pepper.jpg	4.3916	41.7046

		sepeda.jpg	4.3813	41.7148
2	daubechies	Lena.jpg	4.4413	41.6557
		kupu-kupu.jpg	4.4414	41.6556
		pepper.jpg	4.4411	41.6559
		sepeda.jpg	4.4342	41.6627
3	symlet	Lena.jpg	4.5320	41.5679
		kupu-kupu.jpg	4.5321	41.5678
		pepper.jpg	4.5317	41.5682
		sepeda.jpg	4.5270	41.5727
4	haar	Lena.jpg	4.7935	41.3243
		kupu-kupu.jpg	4.7936	41.3242
		pepper.jpg	4.7932	41.3246
		sepeda.jpg	4.7878	41.3294

Dari percobaan tabel 4.7 memiliki nilai PSNR berkisar 41 db. Hal ini menandakan citra yang dihasilkan dari proses penyisipan *watermark* pada *sub-band* HL tidak berbeda jauh dengan penyisipan *watermark* pada *sub-band* LH dari citra asli, hal ini dikarenakan nilai dari ukuran matriks piksel *sub-band* LH dan HL tidak berbeda jauh. Sehingga nilai PSNR dari kedua *sub-band* tersebut tidak jauh berbeda tetapi penyisipan *watermark* pada *sub-band* ini mempunyai kualitas lebih baik dibanding dengan penyisipan pada *sub-band* LH. Terlihat PSNR yang paling baik dari keluarga *wavelet* adalah menggunakan diskrit meyer dengan citra sepeda yang memiliki nilai PSNR paling besar yaitu 41.3715 db.

#### 4. Penyisipan *watermark* pada *sub-band* HH

Percobaan ini citra *watermark* disisipkan pada koefisien detail (HH) dari citra asli. Tabel 4.8 dapat memperlihatkan kualitas hasil penyisipan *watermark* pada *sub-band* HH.



**Gambar 4. 12** Penyisipan *watermark* pada *sub-band* HH

Universitas Indonesia

**Tabel 4. 8** Penyisipan *watermark* pada *sub-band* HH

NO.	Metode	Citra	MSE	PSNR
1	diskrit meyer	Lena.jpg	4.3997	41.6966
		kupu-kupu.jpg	4.3995	41.6968
		pepper.jpg	4.3993	41.6970
		sepeda.jpg	4.3959	41.7003
2	daubechies	Lena.jpg	4.4067	41.6897
		kupu-kupu.jpg	4.4066	41.6898
		pepper.jpg	4.4065	41.6899
		sepeda.jpg	4.4037	41.6926
3	symlet	Lena.jpg	4.5907	41.5120
		kupu-kupu.jpg	4.5906	41.5121
		pepper.jpg	4.5905	41.5122
		sepeda.jpg	4.5879	41.5146
4	haar	Lena.jpg	4.7935	41.3243
		kupu-kupu.jpg	4.7934	41.3244
		pepper.jpg	4.7932	41.3246
		sepeda.jpg	4.7908	41.3267

Dari Tabel 4.8 dapat dilihat nilai PSNR berkisar 41 db. Pada hasil percobaan ini tidak jauh berbeda dari hasil percobaan penyisipan *watermark* pada *sub-band* LH dan HL. Hal ini dikarenakan dari ketiga *sub-band* LH, HL dan HH memiliki nilai ukuran piksel maksimum yang tidak jauh berbeda tetapi kualitas penyisipan pada *sub-band* HH mempunyai kualitas yang paling rendah dari koefisien detil atau *sub-band* LH dan HL. Penyisipan *watermark* pada koefisien aproksimasi atau *sub-band* LL tidak sama dari ketiga koefisien detil tersebut, karena koefisien aproksimasi atau LL memiliki nilai matriks piksel maksimum yang jauh berbeda yang mendekati ukuran piksel gambar citra aslinya. Sehingga *sub-band* LL memiliki nilai PSNR yang paling besar dari tiap-tiap *sub-band*. Hal ini yang menyebabkan banyak peneliti yang menggunakan *sub-band* LL atau koefisien aproksimasi sebagai tempat penyisipan *watermark* yang baik dari suatu citra.

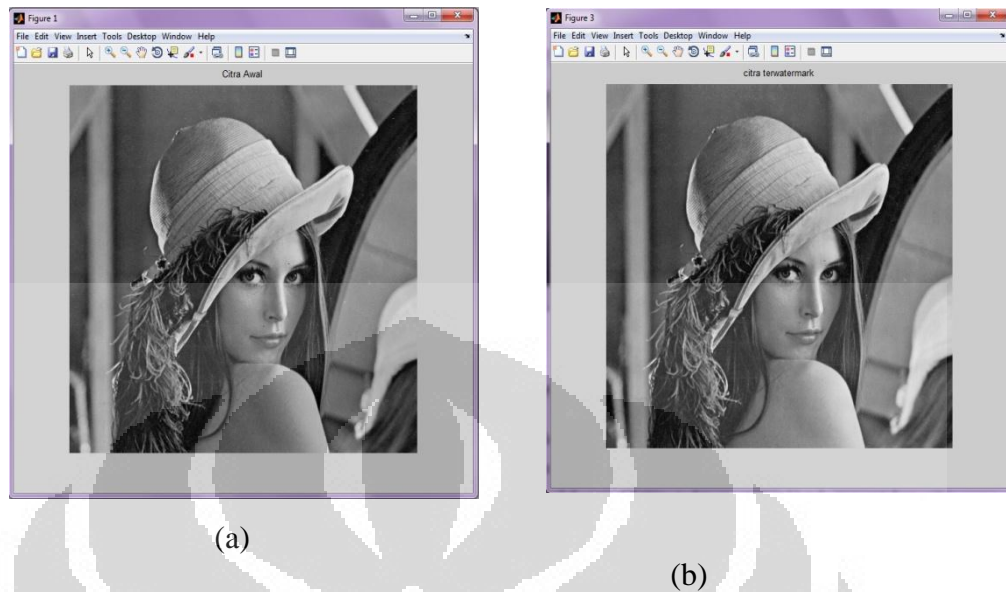
#### 4.4. Analisis terhadap citra asli

Pada percobaan sebelumnya didapat dekomposisi citra yang paling baik adalah dengan dekomposisi citra satu level, dan penyisipan *watermark* yang paling

baik adalah disisipkan pada koefisien aproksimasi atau LL. Oleh karena itu percobaan selanjutnya menggunakan dekomposisi satu level dengan menyisipkan *watermark* pada *sub-band* LL. Pada sub bab ini dianalisis bagaimana perbedaan citra asli terhadap citra hasil *watermark*. Citra asli dibedakan berdasarkan dimensi, format gambar dan gradiasinya. Kemudian citra tersebut akan dibandingkan dengan 10 responden untuk melihat apakah ada perbedaan antara citra ter*watermark* dengan citra asli. Pada percobaan ini dilakukan dengan metode diskrit meyer dengan dekomposisi satu level, karena pada percobaan sebelumnya diskrit meyer dari keluarga *wavelet* memberikan kualitas PSNR yang paling baik. Pertama akan diuji 4 macam citra berdasarkan kerumitan teksturnya. Kerumitan tekstur yang dimaksud adalah tingkat gradiasi warna yang berdasarkan faktor seperti tingkat kecerahan, kombinasi warna, dan sebagainya. Metode pengujian yang dipilih adalah dengan menilai hasil gambar yang ter*watermark* secara subjektif dari proses *watermarking* dengan bantuan dari 10 responden. Hal ini bertujuan untuk membedakan secara langsung melalui visual kepada koresponden, apakah koresponden dapat mengetahui citra yang telah disisipi *watermark* dengan citra sebelum disisipi watermark (citra asli).

Pada Gambar 4.13, 4.14, 4.15, dan 4.16 yang terdiri dari gambar citra asli diberi tanda (a) dan citra ter*watermark* diberi tanda (b) dilakukan pengujian terhadap 10 orang responden untuk melihat seberapa besar kualitas citra ter*watermark* untuk dideteksi oleh penglihatan indra manusia. Koresponden tidak mengetahui gambar citra asli dan gambar citra ter*watermark*, kemudian koresponden diminta untuk menentukan citra yang ter*watermark* dari setiap gambar.

#### **Percobaan pertama**



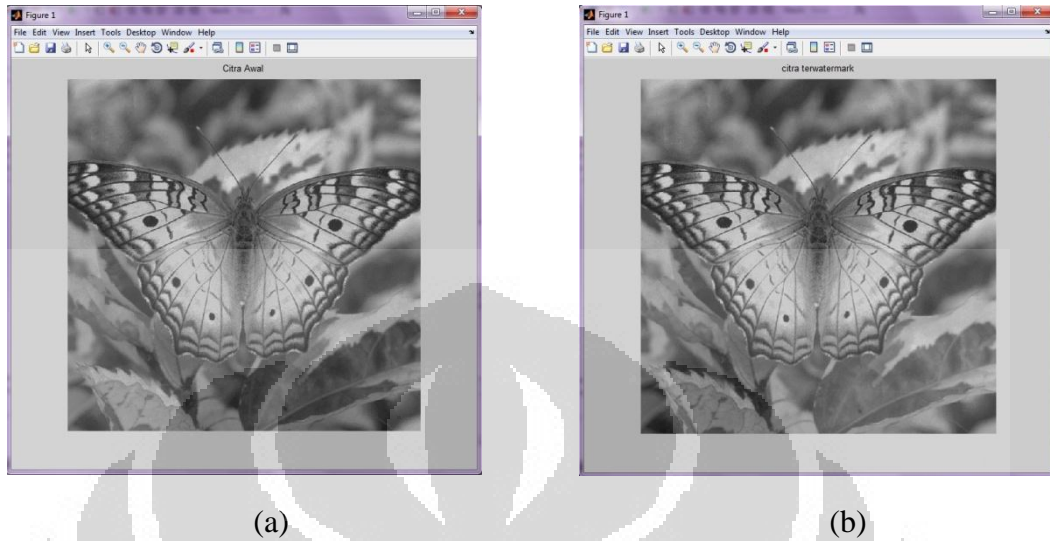
**Gambar 4. 13** (a) Citra lena (asli) *Grayscale* (b) citra lena *terwatermark*

- untuk koresponden yang memilih citra yang *terwatermark* ditandai dengan “*check list*” (√).
- untuk pilihan citra yang tidak di pilih ditandai dengan “*minus*” (-).

**Tabel 4. 9** Hasil survei pertama terhadap 10 orang responden.

No	Nama Responden	Citra (a) Citra Asli	Citra (b) Citra <i>Terwatermark</i>
1	Kheta Nugraha	-	√
2	Mutia Rakhma Wardani	√	-
3	Hari Sudewo	-	√
4	Shidi Tri Putri Mawarni	√	-
5	Nazwa Putri	√	-
6	Diva Abdurrahman Hafidz	√	-
7	Agung Wardana	-	√
8	Prasetyo	-	√
9	Hanaya Kayla	√	-
10	Nurul Huda	√	-

### Percobaan citra kedua



**Gambar 4. 14** (a) citra kupu asli (b) citra terwatermark

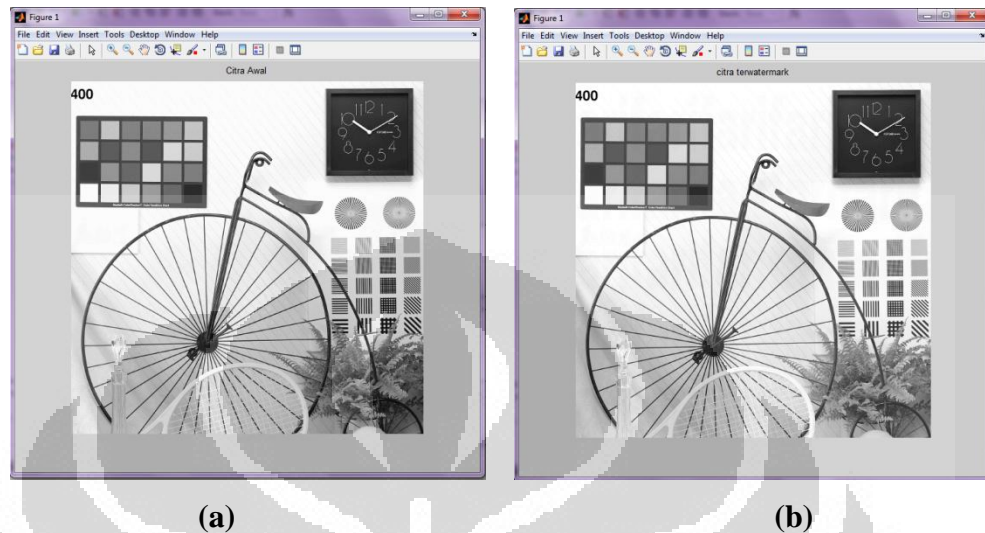
- untuk koresponden yang memilih citra yang terwatermark ditandai dengan “check list” ( √ ).
- untuk pilihan citra yang tidak di pilih ditandai dengan “minus” ( - ).

**Tabel 4. 10** Hasil survei 2 terhadap 10 orang responden.

No	Nama Responden	Citra (a) Citra Asli	Citra (b) Citra Terwatermark
1	Kheta Nugraha	-	√
2	Mutia Rakhma Wardani	√	-
3	Hari Sudewo	√	-
4	Shidi Tri Putri Mawarni	√	-
5	Nazwa Putri	√	-
6	Diva Abdurrahman Hafidz	√	-
7	Agung Wardana	√	-
8	Prasetyo	-	√
9	Hanaya Kayla	√	-
10	Nurul Huda	√	-



### Percobaan citra ketiga



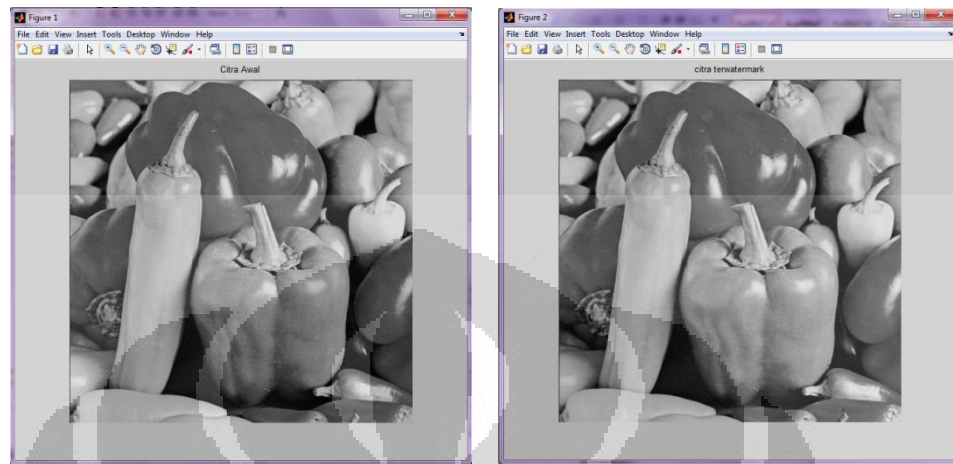
**Gambar 4.15** (a) citra sepeda asli (b) citra sepeda terwatermark

- untuk koresponden yang memilih citra yang terwatermark ditandai dengan “check list” (✓).
- untuk pilihan citra yang tidak di pilih ditandai dengan “minus” (-).

**Tabel 4.11** Hasil survei 3 terhadap 10 orang responden

No	Nama Responden	Citra (a) Citra Asli	Citra (b) Citra Terwatermark
1	Kheta Nugraha	✓	-
2	Mutia Rakhma Wardani	✓	-
3	Hari Sudewo	-	✓
4	Shidi Tri Putri Mawarni	✓	-
5	Nazwa Putri	-	✓
6	Diva Abdurrahman Hafidz	✓	-
7	Agung Wardana	✓	-
8	Prasetyo	✓	-
9	Hanaya Kayla	-	✓
10	Nurul Huda	✓	-

### Percobaan citra keempat



(a)

(b)

**Gambar 4. 16** (a) citra pepper asli (b) citra pepper terwatermark

- untuk koresponden yang memilih citra yang terwatermark ditandai dengan “check list” (√).
- untuk pilihan citra yang tidak di pilih ditandai dengan “minus” (-).

**Tabel 4. 12** Hasil survei 4 terhadap 10 orang responden

No	Nama Responden	Citra (a) Citra Asli	Citra (b) Citra Terwatermark
1	Kheta Nugraha	√	-
2	Mutia Rakhma Wardani	√	-
3	Hari Sudewo	√	-
4	Shidi Tri Putri Mawarni	-	√
5	Nazwa Putri	√	-
6	Diva Abdurrahman Hafidz	√	-
7	Agung Wardana	-	√
8	Prasetyo	√	-
9	Hanaya Kayla	√	-
10	Nurul Huda	√	-

Dari empat percobaan citra secara subjektif terhadap hasil *survey* 10 responden menyatakan bahwa keempat percobaan tersebut sulit untuk dideteksi citra *terwatermark*-nya. Hasil yang terlihat dari tabel 4.9, 4.10, 4.11, dan 4.12 menunjukkan responden lebih banyak memilih gambar (a) dibandingkan dengan gambar (b), padahal citra yang *terwatermark* terdapat pada gambar (b). Secara visual citra *terwatermark* dan citra yang tidak disisipkan (citra asli) memiliki hasil yang tidak jauh berbeda oleh pandangan indra penglihatan responden. Hal tersebut dikarenakan pada keempat citra asli yang di uji memiliki tingkat gradiasi warna yang tinggi dan tekstur citra yang baik. Hal ini dibuktikan dengan pengujian secara objektif dengan menghitung nilai PSNR untuk melihat seberapa besar kualitas citra pada gambar citra uji tersebut. Jenis filter *wavelet* yang digunakan adalah diskrit meyer. Pada percobaan pertama dengan citra 'lena' memiliki MSE sebesar 2.0168 dan PSNR sebesar 45.0843 db. Pada percobaan kedua dengan citra 'kupu-kupu' memiliki nilai MSE sebesar 2.5349 dan nilai PSNR sebesar 44.0912 db. Pada percobaan ketiga dengan citra 'sepeda' memiliki nilai MSE sebesar 3.4964 dan PSNR sebesar 42.6945 db. Dan pada percobaan keempat dengan citra 'pepper' memiliki nilai MSE sebesar 2.4930 dan nilai PSNR sebesar 44.1636 db. Dari percobaan ini, nilai PSNR dari percobaan pertama dengan citra 'lena' memiliki nilai PSNR yang paling baik dari ketiga percobaan lainnya. Nilai PSNR yang paling rendah adalah percobaan ketiga dengan citra 'sepeda', hal ini dikarenakan pada citra 'sepeda' memiliki kecerahan gambar yang cukup tinggi dan gradiasi warna yang rendah. Rata-rata nilai PSNR adalah berkisar antara 42-45 db, dengan PSNR diatas 40 db dan hasil citra *terwatermark* tidak jauh berbeda dengan citra aslinya, maka dapat dikatakan kualitas dari citra *terwatermark* tersebut cukup baik. Terdapat kesamaan pada hasil kualitas citra *terwatermark* dari percobaan secara subjektif dan objektif terhadap citra yang di uji.

#### 4.5. Analisa *robustness* (ketahanan) citra terwatermark

##### 4.5.1 Salt & pepper

Setelah melewati uji terhadap responden dan hasil PSNR. Selanjutnya dilakukan analisa citra terhadap serangan-serangan seperti *noise*. Salah satu contoh *noise* yang diberikan pada percobaan ini adalah *noise* “*salt & pepper*”. *Noise salt & pepper* itu sendiri adalah *noise* yang dipersentasikan dengan titik hitam dan putih yang memenuhi seluruh bagian citra hasil rekontruksi atau citra terwatermark secara *random*. Tujuan diberikannya *noise* tersebut adalah untuk melihat apakah citra yang disisipkan masih dapat dikenali (dibaca) atau menjadi tidak terbaca. Dalam percobaan ini digunakan beberapa citra dengan dimensi 512 x 512 pixel yang memiliki ukuran dan gradiasi warna yang bervariasi proses *watermarking* menggunakan transformasi *wavelet* diskrit satu level dengan berbagai jenis dari keluarga *wavelet*. Hasil dari pengujian citra terhadap *noise* “*salt&pepper*” dapat dilihat pada tabel 4.13 sebagai berikut:

**Tabel 4. 13** Tabel pengujian citra sebelum diberi *noise* “*salt&pepper*”

No.	Metode	Citra	dimensi	MSE	PSNR
1	diskrit meyer	Lena.jpg	512 x 512	2.0168	45.0843
		kupu-kupu.jpg	512 x 512	2.5349	44.0912
		sepeda.jpg	512 x 512	2.4930	44.1636
		pepper.jpg	512 x 512	3.4964	42.6945
2	daubechies	Lena.jpg	512 x 512	2.0991	44.9105
		kupu-kupu.jpg	512 x 512	2.6583	43.8848
		sepeda.jpg	512 x 512	2.6280	43.9345
		pepper.jpg	512 x 512	3.6530	42.5043
3	symlet	Lena.jpg	512 x 512	2.1407	44.8253
		kupu-kupu.jpg	512 x 512	2.7178	43.7886
		sepeda.jpg	512 x 512	2.6850	43.8414
		pepper.jpg	512 x 512	3.7085	42.4388
4	haar	Lena.jpg	512 x 512	2.2961	44.5210
		kupu-kupu.jpg	512 x 512	2.9321	43.4590
		sepeda.jpg	512 x 512	2.8617	43.5646
		pepper.jpg	512 x 512	3.9579	42.1562

**Tabel 4. 14** Tabel pengujian setelah diberi *noise* “salt&pepper”

No.	Metode	Citra	dimensi	MSE	PSNR
1	diskrit meyer	Lena.jpg	512 x 512	403.8187	22.0689
		kupu-kupu.jpg	512 x 512	365.8649	22.4976
		sepeda.jpg	512 x 512	507.5047	21.0764
		pepper.jpg	512 x 512	391.1549	22.2073
2	daubechies	Lena.jpg	512 x 512	397.6350	22.1360
		kupu-kupu.jpg	512 x 512	369.2530	22.4576
		sepeda.jpg	512 x 512	499.6465	21.1442
		pepper.jpg	512 x 512	381.8803	22.3115
3	symlet	Lena.jpg	512 x 512	411.6850	21.9852
		kupu-kupu.jpg	512 x 512	366.7364	22.4873
		sepeda.jpg	512 x 512	492.1334	21.2100
		pepper.jpg	512 x 512	385.2324	22.2736
4	haar	Lena.jpg	512 x 512	390.4259	22.2154
		kupu-kupu.jpg	512 x 512	364.5888	22.5128
		sepeda.jpg	512 x 512	490.8304	21.2215
		pepper.jpg	512 x 512	387.1822	21.0521

Gambar 4.17 adalah salah satu contoh hasil citra *terwatermark* sebelum dan sesudah diberi *noise*.

**Gambar 4. 17** Gambar *terwatermark* sebelum (a) dan sesudah diserang *noise*(b).



**Gambar 4. 18** Hasil ekstraksi.(a) citra *watermark* dari sebelum dan (b)sesudah terkena serangan

Hasil dari percobaan tersebut menunjukkan perbedaan pada MSE dan PSNR antara citra yang ter*watermark* dengan citra ter*watermark* yang sudah di beri *noise*. Sekilas tidak terlihat perbedaan dari hasil ekstraksinya tetapi lebih tampak terhadap perbedaan kualitas pada gambar ter*watermark*. Dimensi pada citra asli salah satu faktor untuk mempengaruhi informasi yang disisipkan pada gambar asli, apakah gambar informasi yang disisipkan bisa rusak atau tidak setelah proses ekstraksi. Pada tabel 4.13 dan tabel 4.14 terlihat jelas perbedaan MSE dan PSNR antara sesudah dan sebelum di beri *noise salt dan pepper*. Nilai dari MSE sesudah di beri *noise* mempunyai perubahan yang sangat tinggi dikarenakan *noise* titik-titik hitam dan putih menyebar secara *random* ke seluruh bagian dari citra yang ter*watermark*. Hal tersebut mengakibatkan kualitas citra ter*watermark* menjadi sangat rendah dibanding dengan citra aslinya. Untuk hasil ekstraksinya tidak banyak mengalami perubahan. *Watermark* masih dapat di baca dengan jelas, hanya terdapat sedikit *noise* atau derau pada bagian citra *watermark* dan kekontarasannya saja yang mengalami sedikit perubahan.

#### 4.3.2 . Percobaan dengan menambahkan *Add White Gaussian Noise* (AWGN)

Untuk melihat seberapa besar ketahanan citra ter*watermark* terhadap *noise*, Selain menggunakan *noise salt & pepper*, untuk percobaan yang kedua ini akan dengan memberikan AWGN pada citra yang ter*watermark*. Apakah *watermark* yang disisipi masih kokoh terhadap pengolahan citra atau tidak, dan seberapa besar AWGN yang bisa digunakan untuk ditambahkan sebagai *noise*. Percobaan ini

**Universitas Indonesia**

menggunakan beberapa jenis *filter* dari keluarga *wavelet* diantaranya diskrit meyer, daubechies, symlet dan haar. nilai SNR dari AWGN yang diberikan berkisar antara 10 – 40 db. Pada saat pemberian noise AWGN dengan nilai SNR 40 db, nilai PSNR mencapai nilai maksimal, hal tersebut dikarenakan nilai PSNR tidak dapat bertambah lagi pada saat diberi nilai AWGN diatas 40 db. Dari hasil percobaan didapatkan hasil bahwa semakin besar nilai AWGN yang diberikan, maka semakin besar pula nilai PSNR yang dihasilkan. Pada percobaan ini jenis keluarga *wavelet* yang paling baik digunakan adalah diskrit meyer dengan salah satu contoh citra yang di uji yaitu citra 'Lena'. Mempunyai nilai maksimum SNR yang dapat diberikan pada AWGN dari MSE dan PSNR sebelum diberi *noise* sebesar 2.0168 dan 45.0843 db, sedangkan setelah diberi nilai maksimum SNR dari AWGN mempunyai nilai MSE sebesar 2.0178 dan nilai PSNR sebesar 45.0820 db. Dari hasil percobaan ini, didapat nilai SNR maksimum AWGN yang diberikan (40 db) hampir sama dengan tidak menggunakan *noise* AWGN pada citra yang terwatermark. Dan dari keluarga *wavelet* yang paling rendah nilai PSNRnya adalah dari *filter wavelet* haar.

## BAB 5 KESIMPULAN

Perancangan algoritma simulasi *watermarking* dengan menggunakan transformasi *wavelet* diskrit telah dibuat dengan bahasa pemrograman MATLAB. Transformasi yang digunakan dari beberapa filter keluarga *wavelet* seperti diskrit meyer, daubechies, symlet, dan haar. Dari hasil pengujian penyisipan citra *watermark* dengan beberapa dimensi yang berbeda, citra *watermark* dengan dimensi 64 x 64 piksel memiliki hasil yang paling baik. Proses *watermarking* dengan dekomposisi yang paling baik pada percobaan ini terdapat pada dekomposisi satu level. Pengujian penyisipan *watermark* dengan sub-band LL, LH, HL dan HH, didapat bahwa penyisipan pada sub-band LL memiliki nilai PSNR yang paling baik. Citra asli yang telah disisipkan dengan citra *watermark* juga diuji secara subjektif. Hasil dari citra yang ter*watermark* tidak dapat dideteksi secara langsung oleh koresponden karena perubahan citra ter*watermark* tidak jauh berbeda dengan citra asli.

Pengujian citra ter*watermark* terhadap *robustness* dengan “*salt & pepper*” terjadi penurunan kualitas citra yang sangat tinggi. Pengujian citra ter*watermark* terhadap *robustness* dengan AWGN, tidak banyak mempengaruhi kualitas citra ter*watermark*. Nilai *power noise* dari AWGN yang diujikan dari 10-40 db, dengan nilai maksimum *power noise* dari AWGN adalah 40 db. Dari hasil percobaan, jenis keluarga *wavelet* yang paling baik adalah menggunakan diskrit meyer.



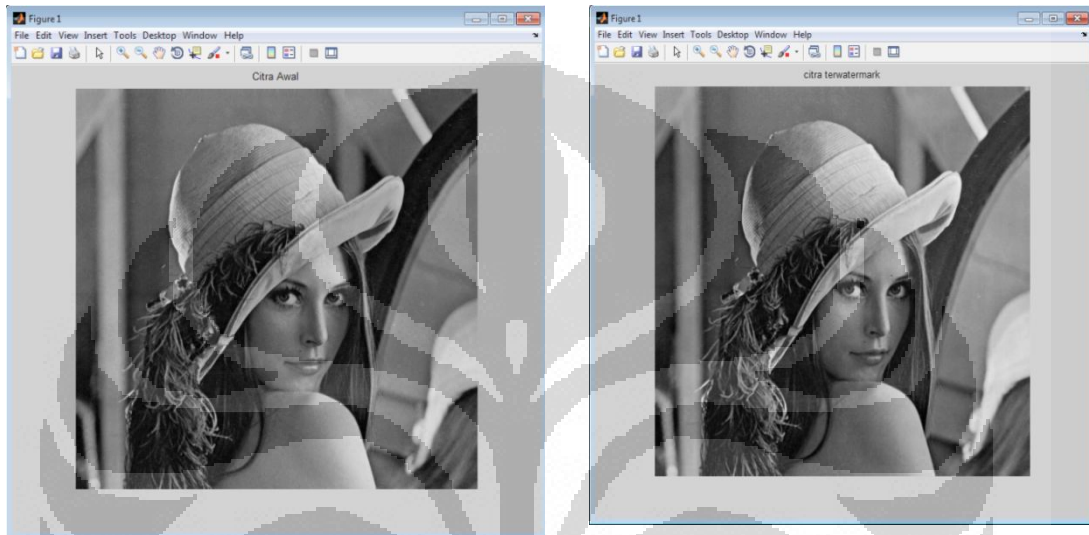
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] **Basaruddin.** *Kinerja Skema Pemberian Tanda Air Video Digital Berbasis DWT-SVD dengan Detektor Semiblind.* Depok : Universitas Indonesia, 2009.
- [2] **Cahyana, Basaruddin, T and Jaya, Danang.** *Teknik Watermarking Citra Berbasis SVD.* s.l. : National Conference on Computer Science & Information Technology, 2007.
- [3] **Alfatwa, Dean Fathony.** *Watermarking pada Citra Digital Menggunakan Discrete Wavelet Transform.* Bandung : Institute Teknologi Bandung, 2009.
- [4] **Juanda, K and Supangkat, Suhono H.** *Watermarking Sebagai Teknik Penyembunyian Hak Cipta pada Data Digital.* Bandung : Institut Teknologi Bandung, 2000.
- [5] **Solichin, Achmad.** *Digital Watermarking untuk Melindungi Informasi Multimedia.* Jakarta : Universitas Budi Luhur, 2010.
- [6] **Munir, Rinaldi.** *Sekilas Image Watermarking untuk Memproteksi Citra Digital dan Aplikasinya pada Citra Medis.* Bandung : Institut Teknologi Bandung, 2006.
- [7] **Ariyus, Dony.** *Keamanan Multi Media.* Yogyakarta : Andi, 2006.
- [8] **Wiguna, Ryan, Firdaus, Rangga and Endah W., Ossy Dwi.** *Implementasi Teknik Blind Watermarking dalam Domain Spasial pada Citra Bitmap* Lampung : Universitas Lampung, 2010.
- [9] **Sripathi, Deepika.** *Efficient Implementations of Discrete Wavelet Transform Using FPGAs.* Florida : Florida State University, 2003.
- [10] **Polikar, Robi.** *Multi Resolution Analysis: The Discrete Wavelet Transform.* Iowa : Iowa State University, 1998.
- [11] **Putra, Damar.** *Pengolahan Citra Digital.* Yogyakarta: Andi Offset, 2010.
- [12] **Terjiza, Natasa.** *Robust Digital Image Watermarking Algorithms for Copyright Protection.* Essen : Univesity of Duisburg-Essen, 2006.

## LAMPIRAN

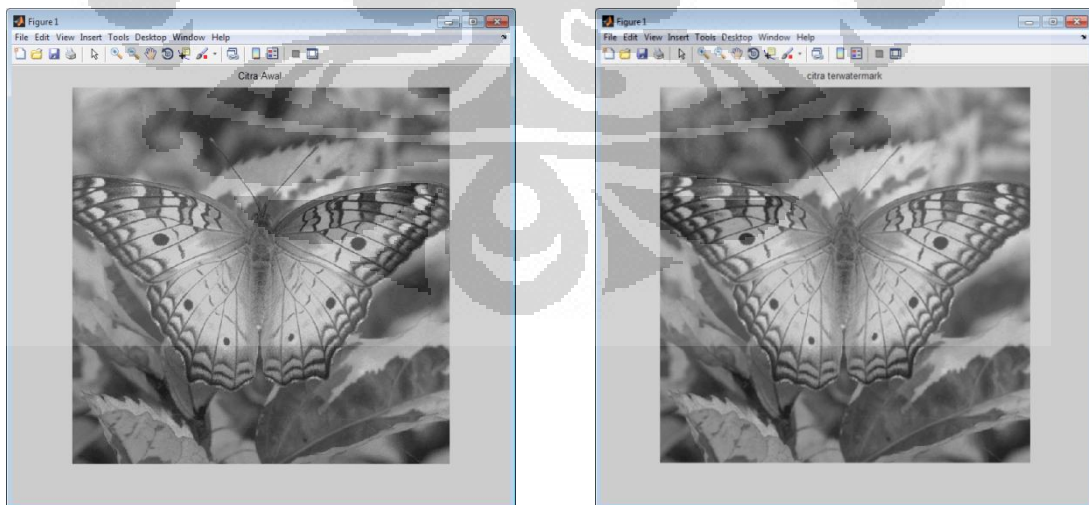
### Lampiran 1

Gambar penyisipan *watermark* dengan metode diskrit meyer dengan dekomposisi satu level.



Citra Asli

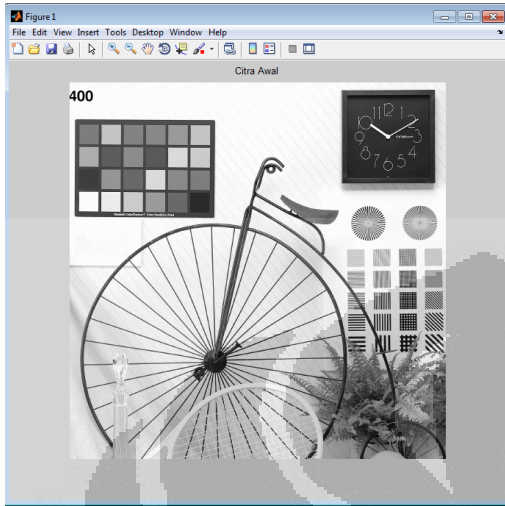
Citra Terwatermark



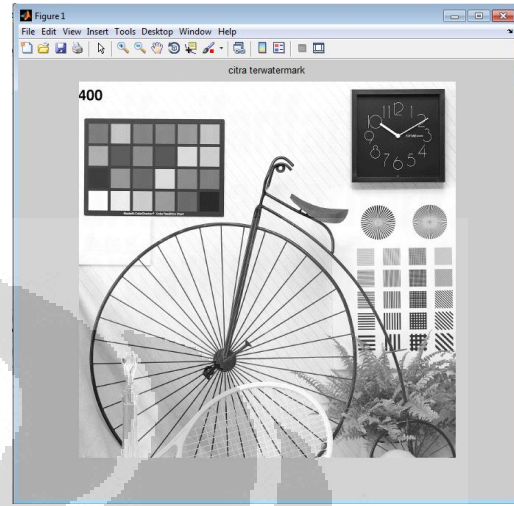
Citra Asli

Citra Terwatermark

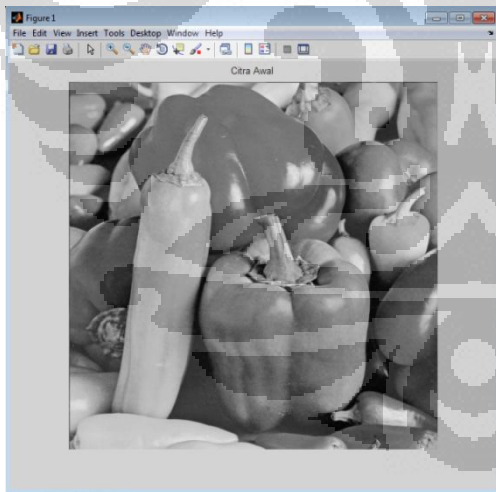
Universitas Indonesia



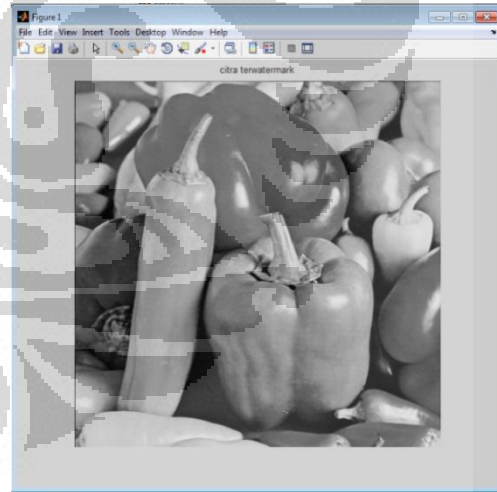
Citra Asli



Citra Terwatermark

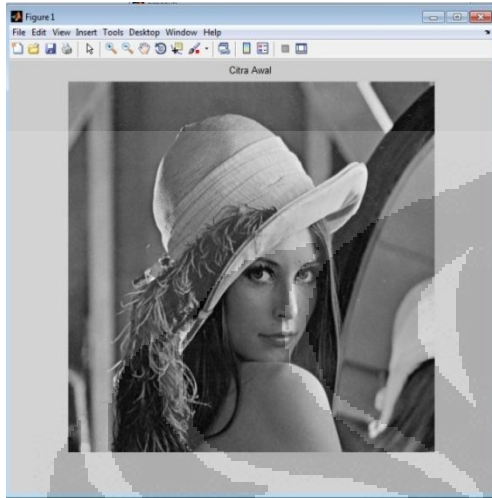


Citra Asli

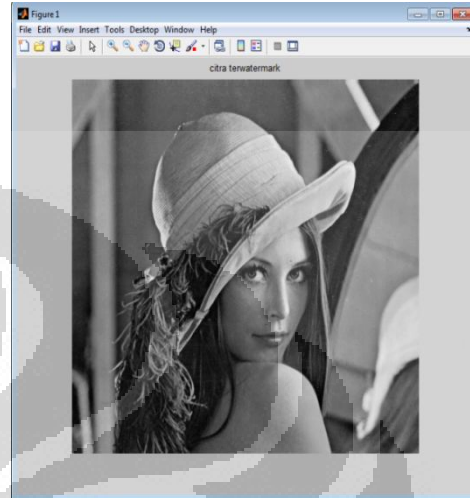
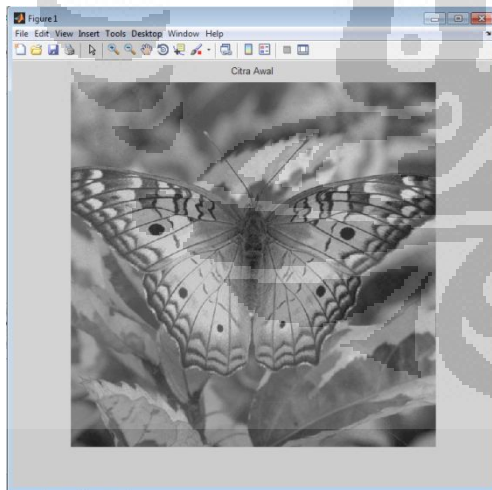


Citra Terwatermark

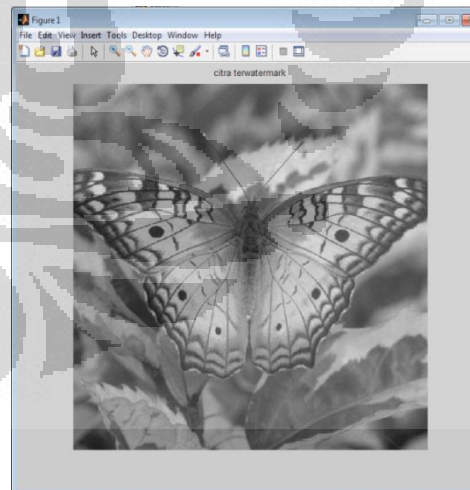
## Lampiran 2

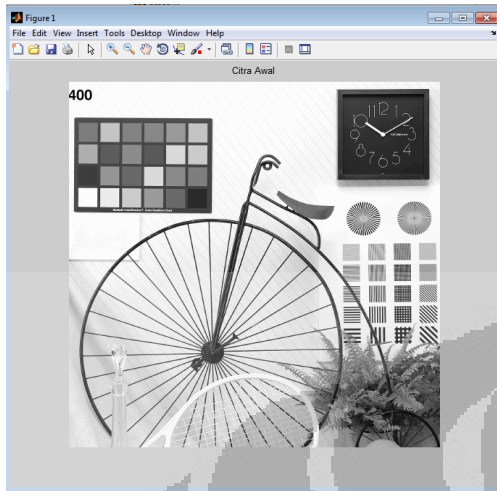
Gambar penyisipan *watermark* dengan metode daubechies

Citra Asli

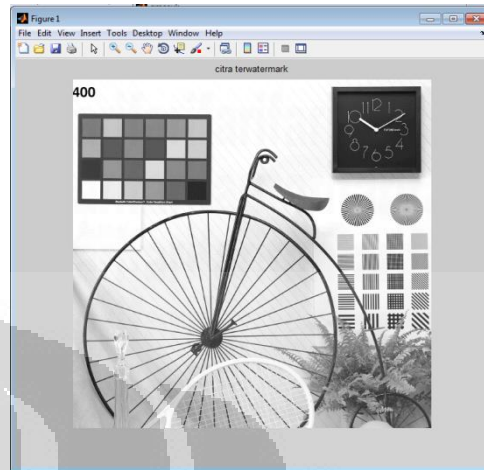
Citra *Terwatermark*

Citra Asli

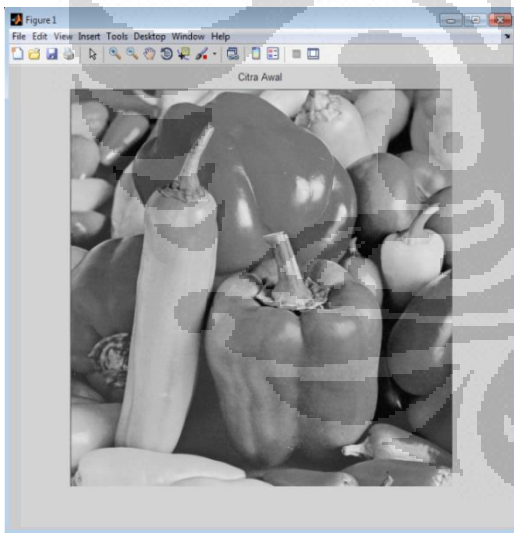
Citra *Terwatermark*



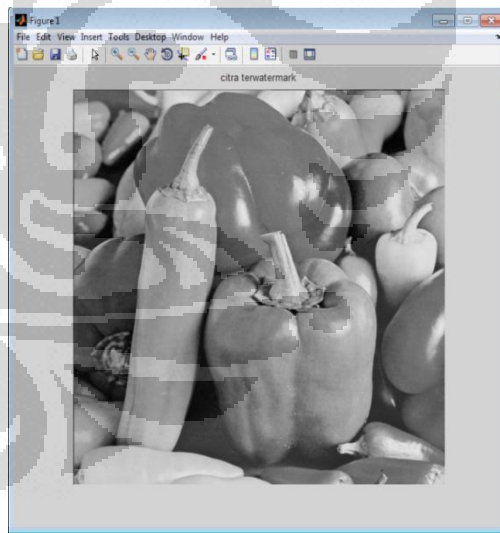
Citra Asli



Citra *Terwatermark*

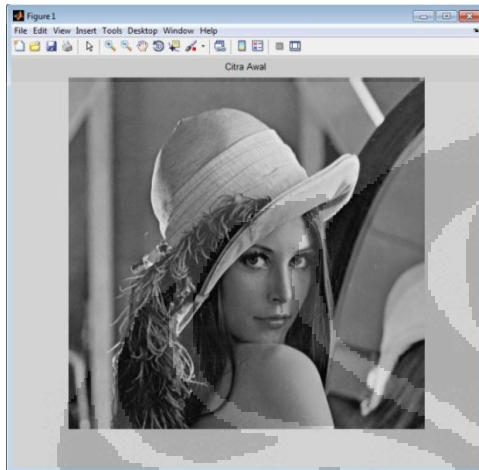


Citra Asli

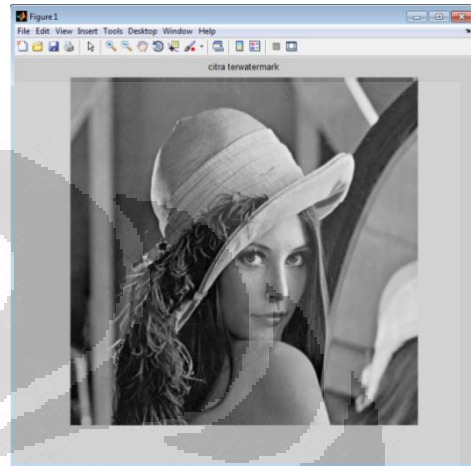
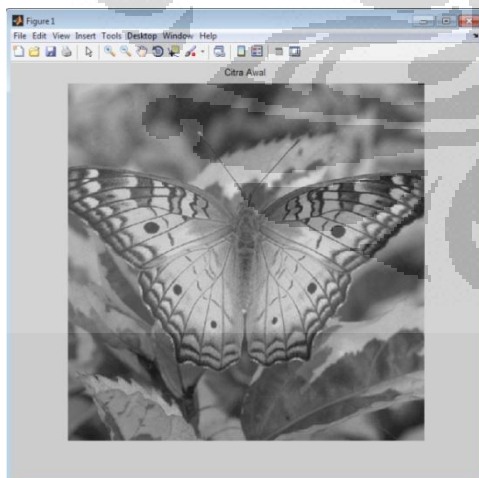


Citra *Terwatermark*

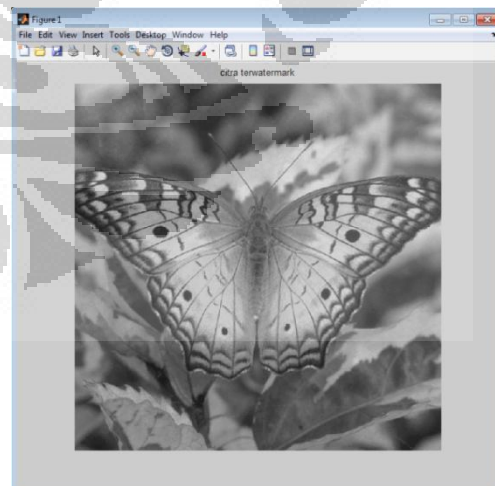
## Lampiran 3

Gambar penyisipan *watermark* dengan metode haar

Citra Asli

Citra *Terwatermark*

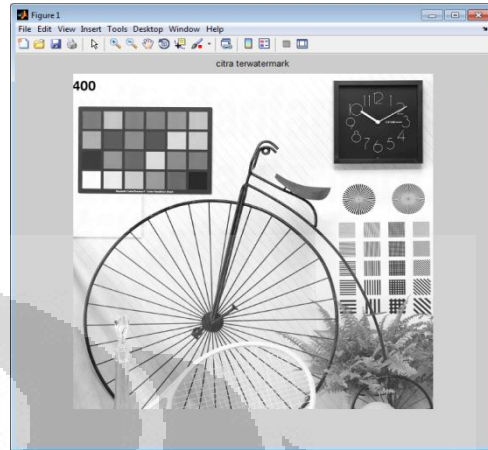
Citra Asli

Citra *Terwatermark*

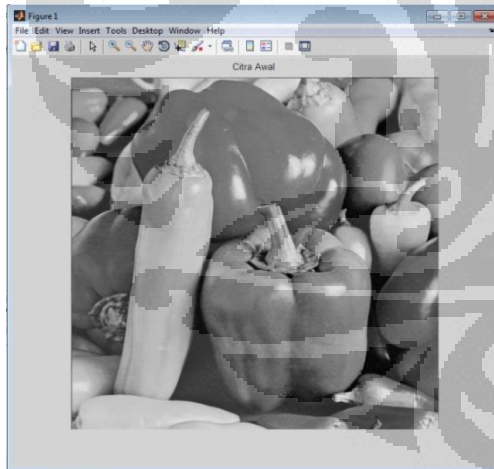
Universitas Indonesia



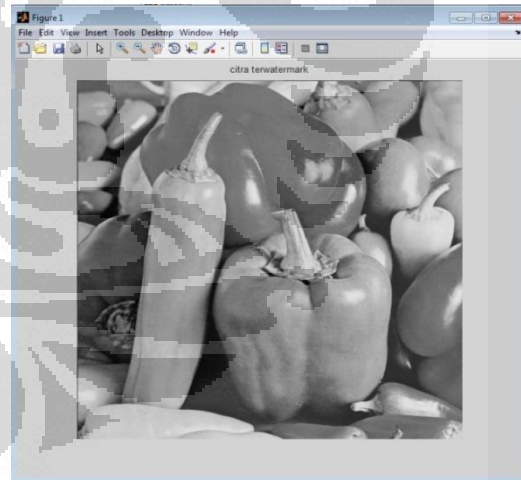
Citra Asli



Citra Terwatermark

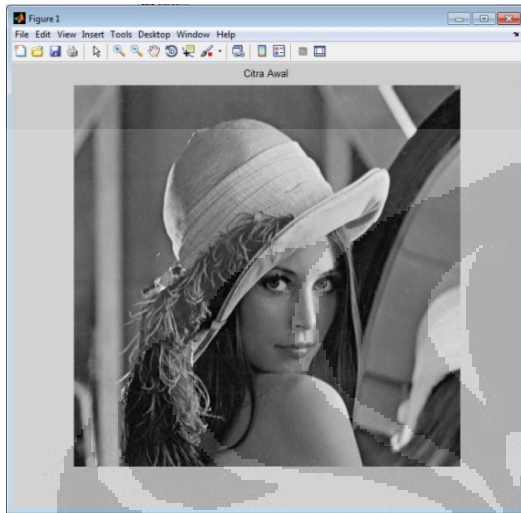


Citra Asli



Citra Terwatermark

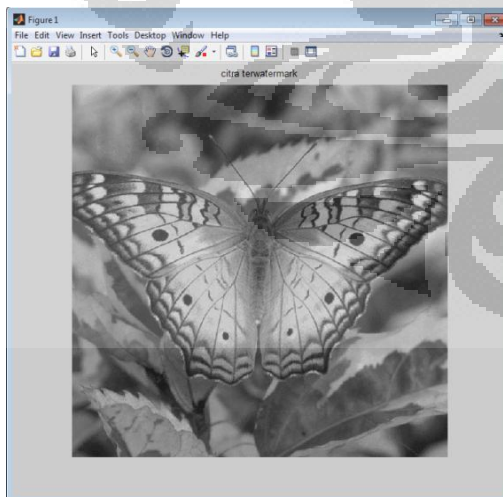
## Lampiran 4

Gambar penyisipan *watermark* dengan metode symlet

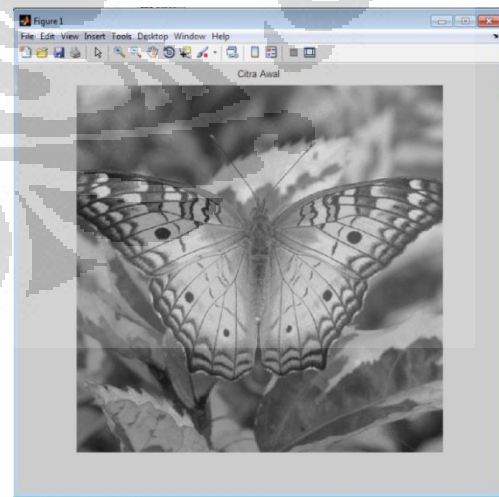
Citra Asli



Citra Terwatermark



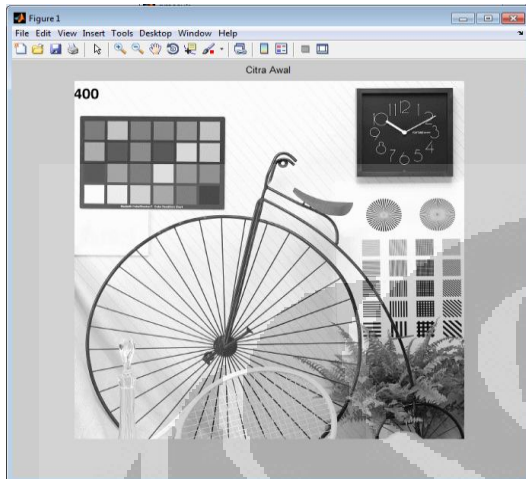
Citra Asli



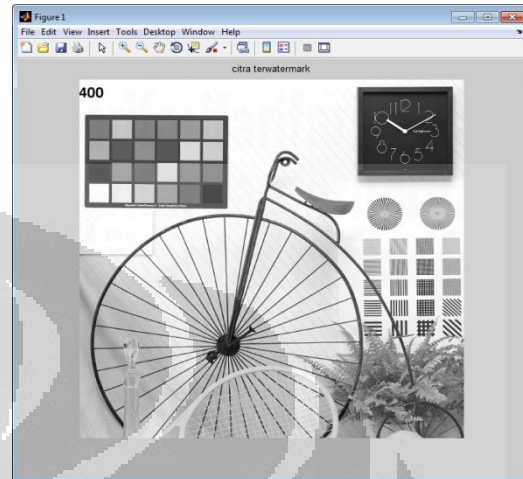
Citra Terwatermark

Universitas Indonesia

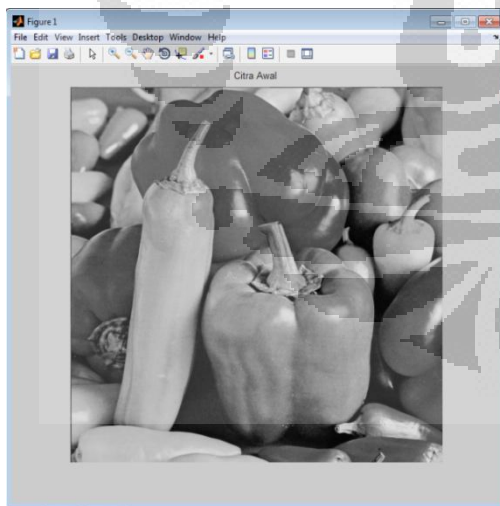




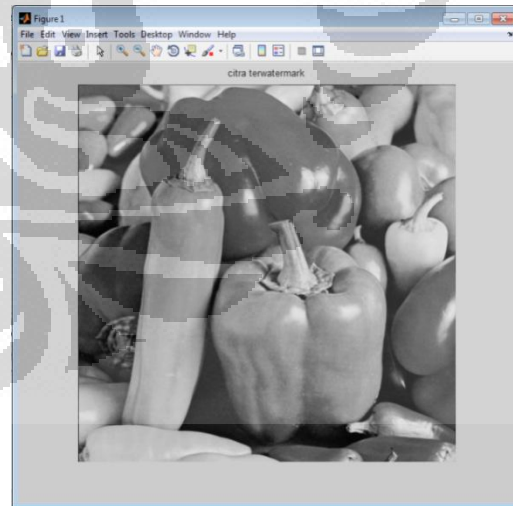
Citra Asli



Citra Terwatermark



Citra Asli



Citra Terwatermark

## Lampiran 5

Hasil perhitungan nilai MSE dan PSNR dengan AWGN berkisar 10-40 db

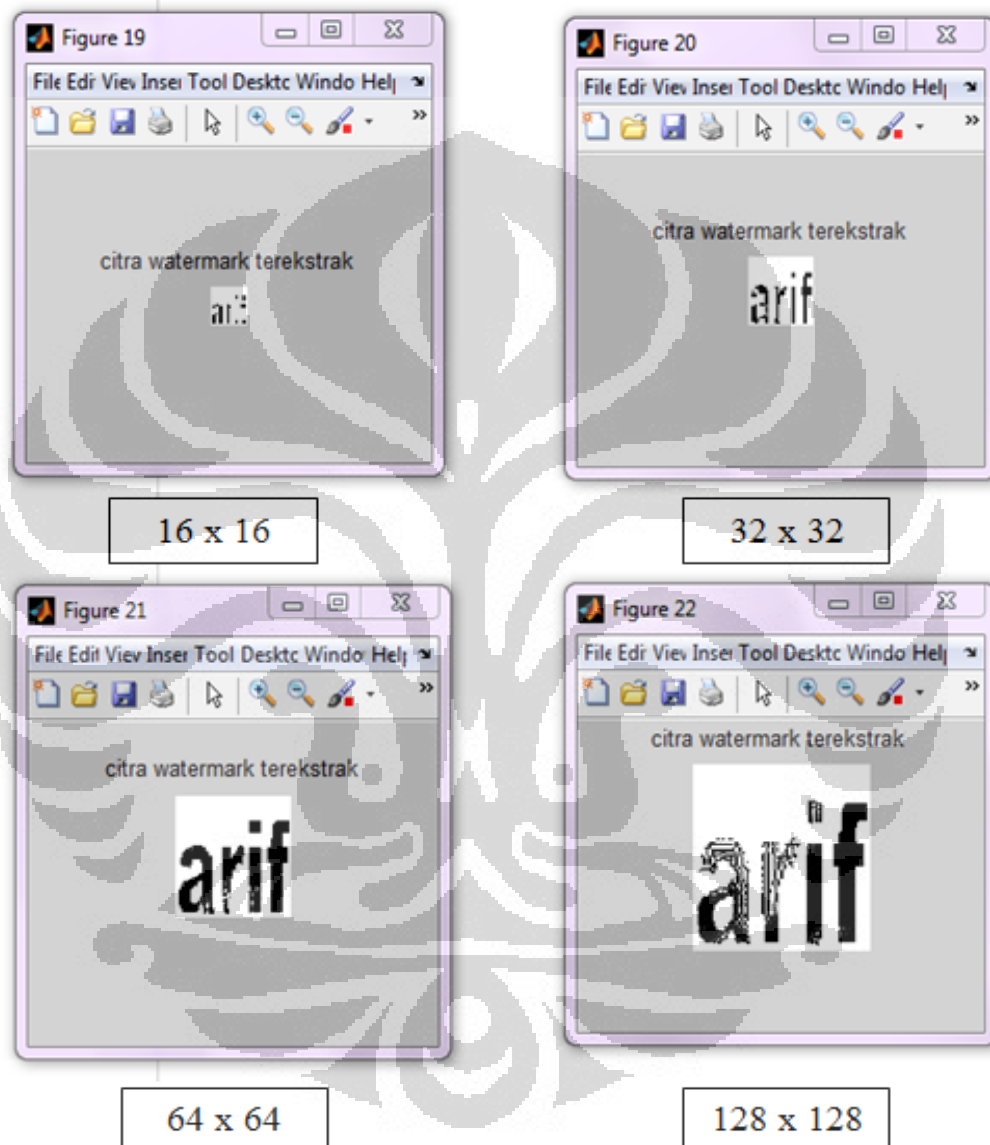
No	AWGN (db)	Metode	Citra	MSE	PSNR
1	10	diskrit meyer	Lena	2.1186	44.8703
			Kupu	2.6356	43.9221
			sepeda	3.6001	42.5677
			pepper	2.5945	43.9903
		daubechis	Lena	2.1918	44.7229
			Kupu	2.7482	43.7403
			sepeda	3.7379	42.4045
			pepper	2.7173	43.7894
		symlet	Lena	2.2399	44.6285
			Kupu	2.8177	43.6319
			sepeda	3.8109	42.3205
			pepper	2.7862	43.6806
		haar	Lena	2.4035	44.3224
			Kupu	3.0389	43.3037
			sepeda	4.0662	42.0389
			pepper	2.9689	43.4049
2	20	diskrit meyer	Lena	2.0265	45.0634
			Kupu	2.5476	44.0695
			sepeda	3.5086	42.6795
			pepper	2.5054	44.1420
		daubechis	Lena	2.1020	44.9045
			Kupu	2.6576	43.8860
			sepeda	3.6529	42.5044
			pepper	2.6287	43.9333
		symlet	Lena	2.1507	44.8049
			Kupu	2.7269	43.7742
			sepeda	3.7183	42.4273
			pepper	2.6957	43.8241
		haar	Lena	2.3116	44.4917
			Kupu	2.9490	43.4341
			sepeda	3.9766	42.1357
			pepper	2.8788	43.5386
3	30	diskrit meyer	Lena	2.0191	45.0792

Universitas Indonesia

			Kupu	2.5380	44.0859
			sepeda	3.4999	42.6902
			pepper	2.4952	44.1598
		daubechis	Lena	2.0924	44.9244
			Kupu	2.6484	43.9010
			sepeda	3.6423	42.5170
			pepper	2.6197	43.9483
		symlet	Lena	2.1417	44.8232
			Kupu	2.7189	43.7868
			sepeda	3.7097	42.4374
			pepper	2.6862	43.8394
		haar	Lena	2.3028	44.5083
			Kupu	2.9406	43.4465
			sepeda	3.9679	42.1452
			pepper	2.8699	43.5521
4			Lena	2.0178	45.0820
		diskrit meyer	Kupu	2.5371	44.0873
			sepeda	3.4988	42.6916
			pepper	2.4945	44.1610
		daubechis	Lena	2.0915	44.9262
			Kupu	2.6475	43.9025
			sepeda	3.6417	42.5178
			pepper	2.6187	43.9500
40		symlet	Lena	2.1407	44.8252
			Kupu	2.7180	43.7883
			sepeda	3.7090	42.4382
			pepper	2.6853	43.8409
		haar	Lena	2.3019	44.5100
			Kupu	2.9397	43.4478
			sepeda	3.9672	42.1459
			pepper	2.8694	43.5529

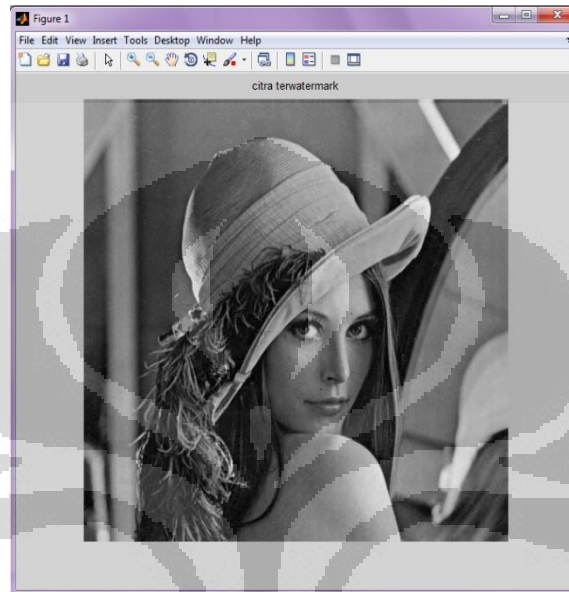
## Lampiran 6

Hasil ekstraksi citra *watermark* dengan dimensi yang berbeda dengan menggunakan filter diskrit meyer

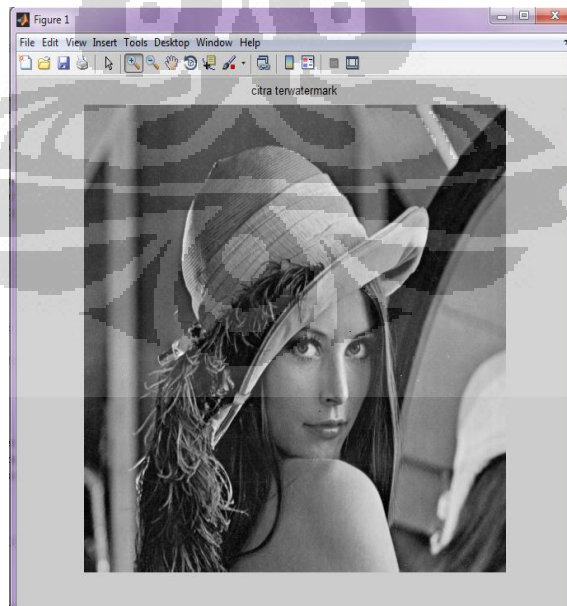


## Lampiran 7

Citra *watermarking* dengan dekomposisi satu level

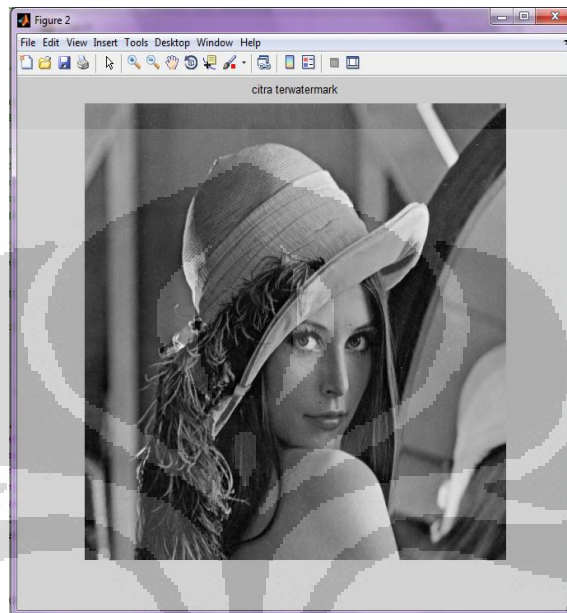


Citra *watermarking* dengan dekomposisi dua level



Universitas Indonesia

Citra *watermarking* dengan dekomposisi dua level



**Universitas Indonesia**